

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

88062

YÜKSEK LİSANS

Bülent TÜTMEZ

**CEVHER HAZIRLAMADA İSTATİSTİKSEL PROSES
KONTROL VE UYGULAMASI**

MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

88062

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ADANA, 1999

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CEVHER HAZIRLAMADA İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL
VE UYGULAMASI**

**BÜLENT TÜTMEZ
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Ç. Ü.
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

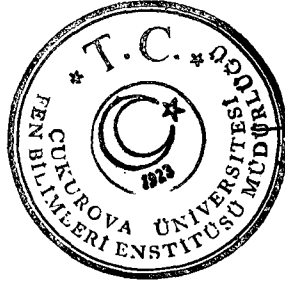
Bu tez 17/.../... Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği / Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

Doç.Dr. Oktay BAYAT
DANIŞMAN

Prof.Dr. Mesut ANIL
ÜYE

Yrd.Doç.Dr. Mehmet YILDIRIM
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Maden Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No: 1586



Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	V
1. GİRİŞ.....	1
1.1. İstatistiksel Kalite Kavramı ve Cevher Hazırlamada	
Uygulanabilirliği.....	1
1.1.1. Kalite Kavramının Tanımı.....	1
1.1.2. Cevher Hazırlama Proseslerinin Karakteristiği ve	
Uygulanabilirlik.....	2
1.2. Temel İstatistik Yaklaşım Tekniği ve Veri Karakterizasyonu.....	2
1.2.1. İstatistiğin Temel Kavramları ve Basit İstatistik Teknikler.....	3
1.2.2. Olasılık ve Olasılık Dağılımları.....	5
1.2.2.1. Normal Dağılım.....	6
1.2.2.2. Binom Dağılımı.....	7
1.2.2.3. Hipergeometrik Dağılım.....	8
1.2.2.4. Poisson Dağılımı.....	9
1.2.3. Veri Karakterizasyonu.....	9
1.2.3.1. Örnekleme ve Örnekleme Yöntemleri.....	10

1.2.3.2. Örneklemeden Türetilen Olasılık Dağılımları.....	11
1.3. Seramik Teknolojisi.....	12
1.3.1. Seramiğin Tanımı.....	12
1.3.2. Seramik Ürünlerinin Çeşit ve Yapıları.....	13
1.3.3. Seramik Hammaddeleri.....	15
1.3.3.1. Killer.....	15
1.3.3.2. Özsüz Hammaddeler.....	18
1.3.4. Seramik Üretim Yöntemleri.....	19
1.3.4.1. Presle Şekillendirme.....	19
1.3.4.2. Plastik Şekillendirme	21
1.3.4.3. Dökümle Şekillendirme.....	21
1.3.5. Seramikte Camı ve Kristal Fazlar	22
2. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL.....	24
2.1. İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) ve Kalite Kontroldeki Önemi.....	24
2.2. İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri.....	25
2.2.1. Veri Toplama ve Çetele Analizi.....	25
2.2.2. Pareto Analizi.....	28
2.2.2.1. Pareto Diyagramları için Problem Kaynaklarına Yönelim	28
2.2.2.2. Pareto Diyagramının Oluşturulması.....	29

2.2.3. Neden - Etki Diyagramları.....	30
2.2.4. Histogram Yöntemi.....	31
2.2.5. Gruplandırma.....	32
2.2.6. Dağılma Diyagramları.....	33
2.2.6.1. Basit Lineer Regresyon ve Korelasyon.....	34
2.2.6.2. Dağılma Diyagramının Hazırlanması.....	36
2.2.7. Kontrol Şemaları (Kartları).....	37
2.2.7.1. Kontrol Çizelgelerinin Oluşturulması.....	38
2.2.7.2. Değişkenler için Kontrol Kartları.....	40
2.2.7.3. Nitelikler için Kontrol Kartları.....	43
2.2.7.4. Kontrol Grafiklerinin Seçimi.....	45
2.2.8. Proses Yeterlilik Analizi ve Tolerans.....	46
2.2.8.1. Proses Yetenek İndisleri.....	47
2.2.8.2. Tolerans.....	49
2.2.9. İstatistiksel Proses Kontrol Proje Akış Şeması.....	49
2.2.10. Bazı Yeni Teknikler.....	51
3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	52
3.1. Kalite Dizayn ve Kontrolünün Evrimi.....	52
3.1.1. Shewhart ve Taylor Yaklaşımları.....	53
3.1.2. Dodge ve Deming Yaklaşımları.....	53
3.1.3. Kalite Dizaynının Son Durumu ve Taguchi Yaklaşımı.....	54

3.2. İstatistiksel Proses Kontrolün Mevcut Uygulamaları.....	55
3.2.1. Otomotiv Sektöründeki Uygulamalar.....	55
3.2.2. Madencilik Sektöründeki Uygulamalar.....	56
4. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROLÜN SERAMİK	
FABRİKASINA UYGULANMASI.....	58
4.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi.....	58
4.2. Söğüt Seramik A.Ş. Seramik Üretim Prosesi.....	59
4.3. Seramikte Flor Emisyonun Kontrolü.....	63
4.3.1. Flor Emisyon Kontrolü için Bir Yaklaşım.....	64
4.3.2. Flor Emisyon Sınır Değerleri için Bir Uygulama.....	65
5. BİLGİSAYAR UYGULAMALARI.....	67
5.1. Değirmen Çıkışı Malzemenin Su İçeriği için Pareto Analizi.....	67
5.2. Değişken Kontrol Kartlarının Kullanımı.....	69
5.3. (P) Nitelik Şemasının Kullanımı.....	71
5.4. (NP) Nitelik Şemasının Kullanımı.....	73
5.5. (C) Nitelik Kartlarının Kullanımı.....	75
5.6. (U) Nitelik Kartlarının Kullanımı.....	77
5.7. Proses Yeterlilik Analizi.....	79
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	81
KAYNAKLAR.....	83
ÖZGEÇMİŞ.....	87
EKLER.....	88

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**CEVHER HAZIRLAMADA İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL
VE UYGULAMASI**

BÜLENT TÜTMEZ

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MADEN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Danışman : Doç. Dr. Oktay BAYAT
Yıl: 1999 Sayfa: 92**

**Jüri : Doç. Dr. Oktay BAYAT
Prof. Dr. Mesut ANIL
Yrd. Doç Dr. Mehmet YILDIRIM**

Bu çalışmada, kalite kontrolünün Cevher Hazırlama' daki uygulanabilirliği araştırılmıştır. Seri üretim proseslerinin istatistiksel analizi; girdi (hammadde), üretim (işlem) ve çıktı (ürün) bazında kontrol yapmayı mümkün kılmaktadır. Çalışma içinde, Türkiye'nin en önemli seramik kuruluşlarından olan Söğüt Seramik A.Ş. özelinde, gerçek ve üretilmiş örneklemeler aracılığı ile bütün seramik fabrikalarında kullanılabilecek basit teknikler ve analizler açıklanmış, uygulamalara yer verilmiştir. Seramik proseslerinin analiz ve yeterlilik değerlendirmelerinin bilgisayarla yapılmasının zaman ve güvenilirlik açısından önemli kolaylıklar sağladığı görülmüştür. Kontrol kart uygulamalarında, proses içerisindeki manuel değerlendirme hataları kolay tesbit edilebilir. Tüketici başvuruları esas alınarak oluşturulmuş verilerle prosesin karşılaşılabileceği risk kontrol edilir.

Prosesin istatistiksel tekniklerle kontrol edilmesi, parasal kazançların yanı sıra işçi ve çevre açısından da yararlı olabilmektedir. Çalışma içerisinde, seramik proseslerinin istenmeyen doğal bir sonucu olan 'baca gazı flor emisyonuna' da değinilerek, bu ürünü kontrol etmek için yeni bir yaklaşım önerilmiştir. Matematiksel-istatistiksel teoriye çokça başvuru olan tüm çalışma boyunca birleşik bir senteze gidilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Proses kontrolü, seramik, olasılık dağılımı, kontrol şeması.

ABSTRACT

MSc THESIS

STATISTICAL PROCESS CONTROL IN MINERAL PROCESSING AND APPLICATION

BÜLENT TÜTMEZ

DEPARTMENT OF MINING ENGINEERING

**INSTITUTE OF NATURAL
AND APPLIED SCIENCES UNIVERSITY OF
ÇUKUROVA**

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Oktay BAYAT

Year : 1999

Pages : 92

Jury : Assoc. Prof. Dr. Oktay BAYAT

: Prof. Dr. Mesut ANIL

: Assist. Prof. Dr. Mehmet YILDIRIM

In this study, applicability of quality control, in Mineral Processing was investigated. Statistical analysis of continuous production processes, can make the control possible on the bases of input, process and output. In the work, simple control techniques and analysis have been explained by real and produced sampling and several applications have take in place taking Söğüt Ceramic Inc. which is one of the most important ceramic establishments in Turkey into consideration. Using computers for analysis evaluation of ceramic processes supplied many facilities from the point of time and assurance. Using control chart, manual judging faults in the process can be determined easily. Data based on consumer request can be evaluated and checked for the possibility of the risk of the process.

Controlling of process by statistical techniques can also be beneficial from the point of environment and labor as well as. In the work, 'the flue gas flour emission' which is not required and form as a result of ceramic process has also been mentioned and a new offer has been made for the control of this product. In the entire work, a compound synthesis has been taken as a target which is generally based on mathematical-statistical theory.

Key Words : Process control, ceramic, distribution function, control chart

TEŞEKKÜR

Çalışmayı birlikte yürüttüğümüz hocam Doç. Dr. Oktay BAYAT' a,
Mersin Üniversitesi öğretim üyesi Prof. Dr. Mustafa TEFEK' e, Söğüt Seramik A. Ş.
yönetici ve çalışanlarına, hocam Dr. Ahmet DAĞ' a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans öğrenimim boyunca beni hep destekleyen anneme ve
kardeşlerime minnettarım. Bir gün yüksek mühendis olmamı çok isteyen ancak bu isteği
yerine gelemeyen aramızdan ayrılan babamı saygıyla anıyorum.



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge No

Sayfa No

Çizelge 1.1.	Veri ve Sınıf Sayılarının Basit Gösterimi.....	3
Çizelge 1.2.	Refrakter Ürünler.....	13
Çizelge 2.1.	Niteliksel Analizler için Veri Tablosu.....	27
Çizelge 2.2.	Karoların Hata Gruplarına Göre Gruplandırılması.....	33
Çizelge 2.3.	($\bar{X}$ - R) Şeması için Limitler ve Hesaplamalar.....	41
Çizelge 4.1.	Söğüt Seramik A.Ş. Yıllık Üretim Miktarları.....	58
Çizelge 4.2.	Yer Karoları Mamül Spekleri.....	62
Çizelge 4.3.	Flor Emisyon Ölçüm Değerleri.....	65
Çizelge 5.1.	Pareto Analizi için Veri Dosyası.....	67
Çizelge 5.2.	($\bar{X}$ - R) Şeması için Veri Tablosu.....	69
Çizelge 5.3.	(P) Şeması için Veri Tablosu.....	71
Çizelge 5.4.	(NP) Şeması için Veri Tablosu.....	73
Çizelge 5.5.	(C) Şeması için Veri Tablosu.....	75
Çizelge 5.6.	(U) Şeması için Veri Tablosu.....	77
Çizelge 5.7.	Proses Yeterlilik Analiz Tablosu.....	79

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No</u>	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1.1. Normal Dağılım Eğrisinde Olasılıklar.....	6
Şekil 1.2. Kıl Üretim Teknolojisi Akım Şeması.....	17
Şekil 1.3. Dökümle Şekillendirme Akım Şeması.....	23
Şekil 2.1. İstatistiksel Proses Kontrolün Akış Diyagramı.....	24
Şekil 2.2. Ölçümlere Dayalı Pareto Diyagramı.....	29
Şekil 2.3. Seramik için Örnek Kılçık Diyagramı.....	30
Şekil 2.4. Veri Dağılımına Göre Histogram Çeşitleri.....	32
Şekil 2.5. Bir Serpilme Diyagramının Genel Şekli.....	36
Şekil 2.6. Serpilme Diyagramlarının Çeşitleri.....	37
Şekil 2.7. Kontrol Kartlarındaki Klavuz Sınırları.....	39
Şekil 2.8. Shewhart Kontrol Kartlarında Hipotez Testi.....	40
Şekil 2.9. Karıştırma Sonucu Örneklemeye.....	42
Şekil 2.10. Veri Türlerine Göre Uygun Kontrol Grafikleri.....	46
Şekil 2.11. ($\pm 3\sigma$) Değerine Göre Kontrol Limitlerinin Değişimi.....	49
Şekil 2.12. İstatistiksel Proses Kontrol Proje Akış Şeması.....	50
Şekil 3.1. Kalite Kontrolünün Evrimi.....	52
Şekil 3.2. Üç Basamaklı Dizayn Prosesi.....	54
Şekil 4.1. Yer Karosu Masse Hazırlama Ünitesi Akım Şeması.....	60

Şekil 4.2.	Sır Hazırlama Akım Şeması.....	61
Şekil 4.3.	Flor Emisyonu Sınır Değerleri için Bir Yaklaşım.....	64
Şekil 4.4.	Student-t Dağılımında Güven Aralıkları.....	66
Şekil 5.1.	Kusurlu Karolar için Pareto Kartı.....	68
Şekil 5.2.	Karo Mukavemetleri için ($\bar{X}$-R) Şeması.....	70
Şekil 5.3.	(P) Şeması için Kontrol Çizelgesi.....	72
Şekil 5.4.	(NP) Şeması için Kontrol Çizelgesi.....	74
Şekil 5.5.	(C) Şeması için Kontrol Çizelgesi.....	76
Şekil 5.6.	(U) Şeması için Kontrol Çizelgesi.....	78
Şekil 5.7.	Proses Yeterlilik Analiz Şeması.....	80

1. GİRİŞ**1.1. İstatistiksel Kalite Kavramı ve Cevher Hazırlamada Uygulanabilirliği****1.1.1. Kalite Kavramının Tanımı**

Bir hizmetin veya ürünün kalitesi, onun tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılayabilme derecesidir (Düren, 1990). Kalite kavramının tanımlanmasında önemli olan kullanıma uygunluktur. Kalite denildiğinde akla ilk gelen, optimal tekno-ekonomik koşullar çerçevesinde tüketici gereksinimlerini tatmin edebilmektir. Kalite - doğru şekilde geliştirildiğinde - hataları önler, düzeltici faaliyetlere gerek bırakmaz, net üretimi artırır, gecikmeleri ortadan kaldırır ve aşırı stokları önler. Kısacası maliyetleri düşürdüğü gibi hız avantajı da getirir.

Kaliteyi iki genel başlık altında ifade edebiliriz:

1. Tasarım Kalitesi : Tasarım kalitesi genellikle, hedeflenmiş kalite olarak adlandırılmaktadır (Akın, 1996). Mamülün fiziksel yapısı ve özellikleri ile beraber tasarlanır. Boyut, ağırlık ve hacim vb gibi fiziksel özelliklere benzer şekilde dizayn kalitesi de ölçülerle belirlenebilir. Dizayn kalitesinin saptanmasında, biri kalitenin değerini, öbürü maliyetini oluşturan iki parasal faktör arasında en uygun noktanın bulunmasına çalışılır.

2. Uygunluk Kalitesi : Uygunluk şekil kalitesi, uygun zamanda uygun kalite olarak adlandırılır. Çünkü gerçek ürünlerin tasarım kalitesine ne kadar uyduğunun bir göstergesidir. Dizayn kalitesi ile belirlenen spesifikasyonlara imalat (fiziksel üretim) esnasında uyma derecesidir.

Kalite kontrolü, Sanayi Devrimi ile ortaya çıkmış bir kavramdır. Geçmişte kalite kontrolünün ifade ettiği anlam sonuçlar üzerinde düşünme biçiminde tanımlanabilir. Bugün ise amaç ürettikten sonra kontrol ederek kaliteyi korumaktan çıkmış, henüz tasarım ve planlama aşamalarında kalite yaratmaya başlama ve bunu geliştirerek sürdürme işi haline gelmiştir. Kalite en teknik yaklaşımla kontrol edilmekten çok üretilme üzerinde gelişen bir parametredir. Bugün uygulanmak istenen kalite kontrol anlayışında temel düşünce tarzı sıfır hataya ulaşabilmektir.

İstatistiksel kalite kavramı, prosesin matematiksel analiz yöntemleri kullanılarak kontrol edilmesi ve geliştirilmesini ifade eder. Kalite çemberleri gibi kalite kontrol yöntemlerinden farklı olarak sayısal analiz teknikleri ile sonuca gidilmeye çalışılır. İstatistiksel proses kontrol, istatistik ve olasılığın prosesin problemlerine uygun tarzda uyarlanması çalışmasıdır (DeVor, 1992).

İstatistiksel Proses Kontrol (İPK), bir ürünün en ekonomik ve yararlı bir tarzda üretilmesini sağlamak amacıyla, istatistik prensip ve tekniklerin üretimin tüm aşamalarında kullanılmasıdır (TSE, 1995). İPK, üretimin önceden belirlenmiş kalite spesifikasyonlarına uygunluğunu sağlayan, standartlara bağlılığı hedef alan ve kusurlu ürün üretimini en aza indirmekte kullanılan bir araçtır.

1.1.2. Cevher Hazırlama Proseslerinin Karakteristiği ve Uygulanabilirlik

Minerallerin ve kırmataş, mermer gibi diğer bazı doğal malzemelerin, değişik teknikler kullanılarak endüstriyel hazırlama ve zenginleştirme işlemlerinin bilimi olarak, Cevher Hazırlama çok karmaşık proseslerden oluşabilmektedir. Örneğin, cam ve seramik gibi malzemelerin üretilmesi aşamalarında değişik Cevher Hazırlama işlemleri çok çeşitli girdilere değişik koşullarda uygulanabilmektedir. Prosesin gerek hammadde aşamasında gerekse üretim ve çıktı aşamasında yapılacak istatistiksel müdahalelerle daha verimli hale getirilebilmesi parametrelerin iyi analizi ve doğru teknikler kullanılarak mümkün olabilecektir (Montgomery, 1986).

1.2. Temel İstatistik Yaklaşım Tekniği ve Veri Karakterizasyonu

İstatistik, yapılacak tahminler ve varılacak sonuçlarla hata olasılığını matematiksel olasılığa dayanarak değerlendiren, nicel bilgi ve verilerin toplanması, sınıflandırılması ve değerlendirilmesinde en etkili yöntemlerin geliştirilme ve uygulanma sanatıdır. İstatistiğin temel yaklaşımı olasılıklar ve istatistik tekniklerdir (Karagöz, 1995).

1.2.1. İstatistiğin Temel Kavramları ve Basit İstatistik Teknikler

Anakütle : Ölçülmüş veya ölçülebilen elemanlardan meydana gelen ve sonlu sayıda eleman barındıran bir cümledir.

Örnek : Belli ve sınırlı sayıda elemanlardan meydana gelen, anakütlenin karakteri hakkında bilgi sağlamak amacıyla anakütleden çekilen alt cümleye denir.

Deney : Belirli koşullar altında olmak kaydıyla , fiilen tekrarlanabilen ve her tekrarında farklı sonuçlar elde edilebilen bir işlemdir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995).

İstatistik problemlerin çözümünde kullanılacak bilgiler, istatistik seriler ve grafikler şeklinde incelenmektedir. İPK çalışmalarında kullanılan başlıca istatistik seriler üç grupta toplanabilir:

Olay : Bir deneyin sonuçlarından bir tanesine denir.

Basit Seri : Seri elemanlarının küçükten büyüğe doğru sıralanmasıdır.

Frekanslı Seri : Elemanları birden fazla tekrarlanan serilerdir.

Sınıflı Seri : İstatistik serisinde yer alan elemanların sınıf denilen belli sayıdaki aralıklara göre ve seride yer alan frekansların da bu sınıflara dağıtılmasıyla elde edilen serilere denir.

Prosesteki değişkenliği açıkça görebilmek ve prosesin geçerliliği konusunda bir yargıya varabilmek için anakütleden çekilen örneklerden elde edilen verilerin büyüklüklerine göre sınıflanması gerekmektedir. Sınıflı seri, izlenecek birim sayısının çok ve değişkenlerin birbirinden farklı çok sayıda değer alması durumunda kullanılır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. Veri ve Sınıf Sayılarının Basit Gösterimi (Akın, 1996)

Veri Sayısı	Sınıf Sayısı
<100	12-15
100-200	14-17
200-300	11-18
300-400	16-23
>400	20-30

Örnek hacminin karekökü bize sınıf sayısını verir.

$$\text{Sınıf sayısı} = \sqrt{\text{örnek hacmi } (n)} \quad (1)$$

Aşağıda belirtilen formül de bize sınıf sayısını verir.

$$S = 1 + 3,3 \log n \quad (2)$$

Merkezzel Eğilim ve Dağılım Ölçüleri :

En çok kullanılan eğilim ve dağılım ölçüleri; Ortalama, Mod, Medyan, Standart Sapma ve Varyans'tır.

Ortalama : En çok kullanılan ortalama tipi aritmetik ortalamadır. Yığınların belirli bir değişkene göre gösterdikleri ortalama değere yığının aritmetik ortalaması denilmektedir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995).

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n) / n = (\sum x_i / n) \quad x_i : \text{Ölçülen değişken} \quad (3)$$

Frekanslı ve sınıflı serilerde aritmetik ortalama :

$\bar{x} = (\sum x_i * f_i) / n$	f_i : Ölçülen frekans değeri, formülüyle hesaplanır.	(4)
----------------------------------	---	-----

Mod (Tepe Değer) : Bir tesadüfi değişkenin en çok rastlanan değerine mod denir. Mod, ($x = x_i$) leri arasında en çok görülen x değeridir.

$MOD = L_1 + c \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} \right)$	L_1 : Mod sınıfı alt sınır c : Sınıf aralığı T_1 : Mod sınıfı frekansıyla bir önceki arasındaki fark T_2 : Mod sınıfı frekansıyla bir sonraki arasındaki fark	(5)
--	--	-----

Medyan (Ortanca) : Bir frekans dağılımında frekansları iki eşit parçaya bölen değişken değeridir. Özellikle çok büyük veya çok küçük değerlerin bulunduğu serilerde ortalamadan daha kullanışlıdır.

$$MEDYAN = L_1 + c \left(\frac{\sum (f_i/2 - b)}{f_m} \right)$$

b : Bir önceki birikimli frekans (6)

c : Sınıf aralığı

f_m : Medyan sınıfı frekansı

Varyans ve Standart Sapma : Bir serinin varyansı, o serideki tüm terimlerin aritmetik ortalamadan farklarının karelerinin aritmetik ortalamasıdır. Varyans (V) ile gösterilir. Standart Sapma ise varyansın pozitif kareköküdür (Karagöz, 1995).

$$Standart Sapma = \sigma = \frac{\sum (x_i - \bar{x})}{\sqrt{n}}$$

formülüyle bulunabilir. (7)

1.2.2. Olasılık ve Olasılık Dağılımları

Bir seramik fabrikasında imal edilen yer karolarının %1,6' sının istenilen standartlara uymadığı gözlenmiş olsun. Bu ürünler kusurlu olarak nitelendirilsin. Bu durumda seçilen 1000 tane karo arasında ortalama olarak 16 tanesinin kusurlu olduğunu düşünülür. Ancak seçilen herhangi bir 1000 birimlik mamül partisinde kusurlu oranının daha düşük, diğer bir 1000 birimlik partide ise daha yüksek olduğu gözlenebildiği halde, bu kontrol işlemin bir çok kez tekrarlandığı zaman ortalama olarak %1,6 oranına ulaşıldığı veya çok yaklaşıldığı da gözlenebilir. Böylece aynı koşullar altında yapılan bir deney sonunda istenen sonuçların oranı o olayın meydana gelme olasılığı olarak tanımlanabilir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995). Olasılık fonksiyonunun şekline göre olasılık dağılımları bazı özel adlarla anılırlar. İstatistiksel Proses Kontrolde kullanılan en önemli dağılım türleri şunlardır:

- (i) Normal Dağılım
- (ii) Binominal Dağılım
- (iii) Poisson Dağılımı
- (iv) Hipergeometrik Dağılım

1.2.2.1. Normal Dağılım

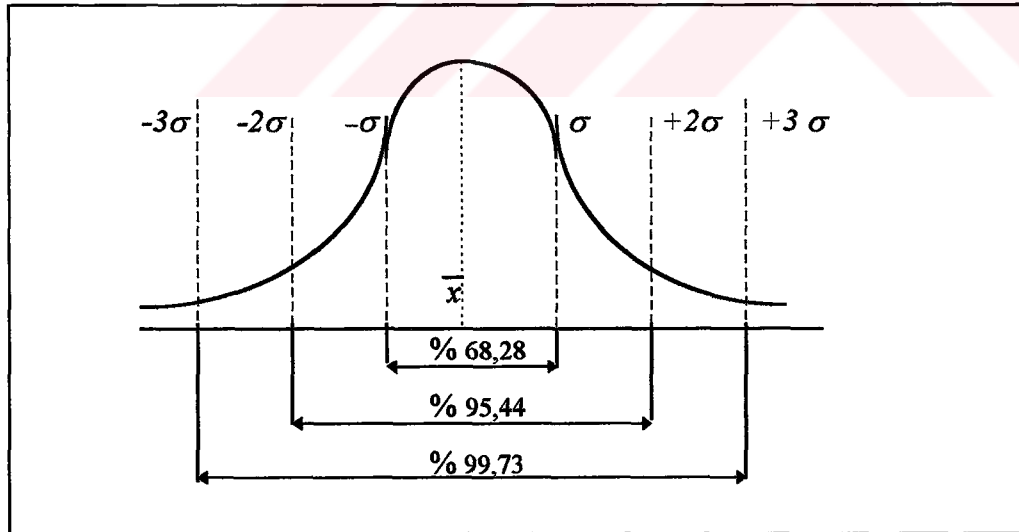
İPK uygulamalarında kullanılan bütün formüller normal dağılım kabulüne göre yapılır. Dağılımı normal dağılıma uymayan proseslerde kontrol kartlarındaki formüller geçerliliğini kaybetmektedir. Bir x rastgele değişkeninin olasılık dağılımı, beklenen değeri etrafında simetrik, yani çarpıklık ölçüsü sıfır ise çan eğrisi şeklindeki bu olasılık dağılımına ‘Normal Dağılım’ adı verilir. Normal dağılım; spesifikasyon ve doğal tolerans limitlerinin birbirlerine göre değişimlerinin gösterilmesinde önemli kolaylıklar sağlayan bir dağılım türüdür.

Şekil 1.1’ de normal dağılım eğrisi altında kalan alanın toplamı, toplam olasılığı gösterir ve bu toplam alan 1’ e eşittir. Buna göre ortalamadan büyük değerlerin olasılığı 0,50 ve ortalamadan küçük değerlerin olasılığı da 0,50 dir. Ayrıca normal dağılımda değişken değerlerinin yaklaşık,

% 68,26 kadarı $x \pm 1\sigma$ aralığında,

% 95,44 kadarı $x \pm 2\sigma$ aralığında,

% 99,77 kadarı $x \pm 3\sigma$ aralığında yer alır.



Şekil 1.1. Normal Dağılım Eğrisinde Olasılıklar (Milton ve Arnold, 1995)

Normal dağılım olasılık fonksiyonu aşağıdaki şekilde yazılır (Sezginman, 1995):

$$f(x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-1/2 (x-\mu / \sigma)^2} dx = 1 \quad (8)$$

Bu fonksiyonda; μ : Ortalama, V : Varyans

$V > 0$, $e = 2.7182$, $\pi = 3.1416$ ve x değişkeni $-\infty < X < +\infty$ aralığında her değeri alabilen sürekli bir değişkendir.

Normal dağılım olasılıklarını bulabilmek için **Z Tablosu** kullanılır. Ortalama ve standart sapması bilinen bir popülasyona ait normal dağılım olasılıklarını Z tablosundan bulabilmek için önce x cinsinden verilen aralıklar Z' ye dönüştürülür. Hesaplamalarda normal eğrinin simetriklik özelliğinden yararlanılır. Z, kritik değeri formülle şöyle hesaplanır:

$$Z = (x - \bar{x}) / \sigma \quad (9)$$

Formül yardımıyla elde edilen Z değerine isabet eden eğri altındaki alan değer tablodan bulunur.

1.2.2.2. Binom Dağılımı

Sonuçlardan birinin meydana gelme olasılığının bir deneyden diğerine sabit kaldığı dağılımdır. Bu sabitliği sağlamak için seçimlerin yerine konularak yapılması gerekir.

Şu halde, iyi veya kötü, kadın veya erkek, yazı veya tura gibi iki sonucu olan iki sınıflı bir yığından n birimlik bir örnek seçildiğinde, bunların içinde bulunacak istenilen nitelikteki birimlerin sayısı x ile gösterilirse, x 'e '**Binom Değişkeni**' denir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995).

Olasılık Fonksiyonu:

Beklenen Değer : $E(x) = n \cdot p$ p : Hesaplanan olasılık değeri

Varyans : $V(x) = n \cdot p \cdot q$ $q = 1 - p$ ve n , küçük bir sayıdır.

x ' in olasılık fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{n!}{x!(n-x)!} P^x (1-P)^{n-x}, \quad x = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (10)$$

$$= 0, \quad \text{diğer } x \text{ değerleri için olur}$$

1.2.2.3. Hipergeometrik Dağılım

Binom dağılımına göre daha az tercih edilen bir dağılımdır. Bir yığında yerine koymadan örnek seçildiği zaman sözkonusu olur (Sezginman, 1995).

İçinde B tane beyaz yuvarlak, K tane kırmızı yuvarlak cisim bulunan N birimlik bir yığın düşünölsün;

$B / N = p$, beyaz cisimlerin seçilme olasılığı

$K / N = 1 - p$, kırmızı cisimlerin seçilme olasılığıdır.

Buradan n birimlik bir örnek yerine konmadan seçilsin. N birimin hepsi bir anda alınabileceği gibi, bir birim seçilip yerine konmadan ikincisi, üçüncüsü de alınabilir. Bu durumda sandıktaki cisimlerin bileşimleri her bir çekilişten sonra değişmektedir ve çekilişler birbirinden bağımsız değildir.

N birimlik örneğe çıkan beyaz birim sayısı x, bu beyaz birimlerin yığındaki sayısı m, kırmızı birimlerin yığındaki sayısı (N-m) olmak üzere, x tesadüfi değişkeni **hipergeometrik dağılıma** sahiptir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995).

Olasılık Fonksiyonu :

$$f(x) = \frac{C(m,x) * C\{N-m,(n-x)\}}{C(N,n)}, \quad x = 0, 1, 2, \dots, n \quad (11)$$

$$= 0, \quad \text{diğer } x \text{ değerleri içindir.}$$

1.2.2.4. Poisson Dağılımı

Doğada, Poisson dağılışı gösteren pek çok olay söz konusu olduğu gibi, özellikle hareket araştırması, stok kontrolü ve bekleme kuyrukları gibi konularda yaygın kullanımı olan bir dağılım türüdür.

Verilmiş bir zaman aralığında ya da verilmiş bir bölgede, ilgilenilen olay sayısı x tesadüfi değişkeni, örneğin, bir fabrikadaki günlük kusurlu yer karosu sayısı olsun. Aşağıdaki koşulları sağlayan x e 'Poisson Tesadüfi Değişkeni' denir.

- (i) İki ayrı zaman aralığında ya da bir bölgede kusurlu yer karosu sayıları bağımsızdır.
- (ii) Küçük bir zaman aralığı ya da küçük bir bölgede kusurlu ürün oluşma olasılığı, zaman aralığının uzunluğu ile orantılıdır.
- (iii) Küçük bir zaman aralığı ya da küçük bir bölgede iki ya da daha fazla sayıda kusurlu ürün meydana gelme olasılığı önemsizdir.

Şu halde, yukarıdaki özelliklerin geçerli olduğu x tesadüfi değişkeninin olasılık fonksiyonu, $\lambda > 0$ olmak üzere aşağıdaki gibidir (Sezginman, 1995):

$$f(x) = \begin{cases} \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}, & x = 0, 1, 2, \dots, \infty \\ 0, & \text{diğer } x \text{ değerleri için} \end{cases} \quad (12)$$

Burada $e = 2,71828$ ve λ verilmiş bir bölge ya da bir zaman aralığında elde edilen kusurlu yer karosu sayılarının ortalaması olup, Poisson dağılımının parametreleridir.

1.2.3. Veri Karakterizasyonu

İstatistik teknikleri kullanmadan önce sağlıklı ve doğru veri toplanması gerekir. Elde ediliş şekillerine göre başlıca veri çeşitleri şunlardır (TSE, 1995).

- 1) Ölçerek : Uzunluk, sıcaklık, ağırlık gibi,

2) Sıralayarak : Değirmen birinci, ikinci vs durumları,

3) Sayarak : Üretilen ampül adeti, bozuk olarak reddedilen parti adedi,

4) Okuyarak : Notlar, skor, raporlar vb gibi.

İstatistik verileri toplarken dikkate alınacak noktalar şunlardır (Akın, 1996):

- (i) Veriler doğru olarak toplanmalıdır.
- (ii) Örnek sayısını, örnek alma planlarından yararlanılarak belirlenmelidir.
- (iii) Örnek alırken basit rastgele örnekleme ile almalı ve taraflı davranmamaya özen gösterilmelidir.
- (iv) Anketörleri eğiterek verileri doğru ve hatasız okuması ve mutlaka kaydetmesi sağlanmalıdır.
- (v) Dağınık verilerle sonuç alınamayacağı için kontrol tablosundan yararlanarak verileri kaydetmelidir.
- (vi) Verilerin yeterliliği, gerçekleri açığa çıkaracak tarzda toplanmış olup olmadığı incelenmelidir.

Elde edilen veriler bilgiye dönüşürken değişik aşamalar geçirirler. Bu aşamalar üç ana başlık altında incelenebilir :

1) Girdi Aşaması : Yaratma, toplama, kaydetme, doğrulama ve kodlama.

2) İşlem Aşaması : Sınıflama, sıralama, hesaplama, özetleme ve depolama.

3) Çıktı Aşaması : Düzenleme, erişme, çoğaltma, dönüştürme, dağıtma, iletme ve raporlama aşamalarıdır.

1.2.3.1. Örnekleme ve Örnekleme Yöntemleri

İstatistiksel veriler iki türlü derlenebilmektedir:

1) Tamsayım

2) Örnekleme

Örnekleme, yığına ait tüm birimlere ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda kullanılan kısmi veri kullanma çalışmasıdır. Örnekten elde edilen değerlerin yığına ait değerler etrafındaki değişkenliğine ‘örnek değişkenliği’ adı verilir. Buna **örnek hatası**, ya da **tahmin hatası** da denilmektedir (Karagöz, 1995).

Örnekleme yöntemleri iki temel gruba ayrılmaktadır. Bunlar;

- (i) **Rassal Örnekleme** : Yığındaki birimlerin tümüne örneğe girmesi için eşit şans veriliyorsa ve örnek elemanlarının seçimi birbirinden bağımsız ise bu tip örneklemeden sözedilebilir.
- (ii) **Rassal Olmayan Örnekleme** : Keyfi örnekleme, dilim örnekleme ve kota örnekleme gibi her birime eşit şansın verilmediği örnekleme tipidir.

1.2.3.2. Örneklemden Türetilen Olasılık Dağılımları

Normal dağılımlı anakütleden çekilen n birimlik bir örneklemden **ki-kare**, t ve F dağılımları adı verilen üç olasılık dağılımı türetilir. İPK analizlerinde, toplanan verilerin karakterizasyonu için alınan örneklemelerin bu olasılık dağılımlarına uygunlukları mutlaka araştırılmalıdır.

İlk aşamada bilgi sahibi olunmayan örneklem hakkında *nokta tahminler* yapılarak değerlendirme yapılması mümkündür. Burada çıkış mantığı ‘ θ ’ kitle parametrelerinin (σ ve μ gibi) prosesin belirli bir akış noktasındaki tahminlerinin yapılmasıdır. Ençok kullanılan dağılım ‘Student’ ya da ‘ t ’ dağılımıdır (Milton ve Arnold, 1995).

Ortalamanın Tahmin Edilmesi ve t - Dağılımı : Bir kitle ortalamasının nokta tahminini bulmak için σ değerini bilmek gerekli değildir. Fakat μ için $(1 - \alpha)$ düzeyli güven aralığı elde ederken σ ’nın bilinmesi gerekmektedir (Akdeniz, 1996).

$x_1, x_2, \dots, x_n$, μ ortalamalı σ standart sapmalı bir rastgele değişken ise μ için $(1 - \alpha)$ düzeyli güven aralığı aşağıda ifade edilmiştir.

$$\bar{x} \pm \{ t_{\alpha/2} * (S \sqrt{n}) \} \quad S: \text{Tahmin edilmiş } \sigma \text{ değeri.} \quad (13)$$

1.3. Seramik Teknolojisi**1.3.1. Seramiğin Tanımı**

Seramik, doğada bileşikleri halinde bulunan elementlerin uygun karışımlarından, ısı enerjisinden yararlanarak ürün elde etmek şeklinde tanımlanabilir (Doğan, 1984). Bu tanım; çömlek, yapı malzemeleri, porselen, refrakter ürünler, yalıtkan malzemeler, cam, çimento, emaye (aşındırıcı madde), kesici, kapasitör ve piezo-elektrik (kuvars kristalleri ile ultra ses eldesi) malzemeleri kapsar.

Günümüzde seramik, taşıdığı özellikler ile, elektronik sanayinde bir çok diğer malzemenin yerini almıştır. Ayrıca seramik, bilimadamları tarafından uzay çağının malzemesi olarak gösterilmektedir. Seramik dielektrik malzemelerin kapasitans değeri, diğerlerinin yaklaşık olarak 1000 katıdır. Yine ferrit seramikler manyetik özellikleri ile, elektronik endüstrisinde büyük ölçüde kullanılmaktadır. Doğada bulunmayan bazı element bileşikleri, seramik sanayinde yapılabilmekte ve tungsten karbür gibi kesiciler, bor karbür gibi aşındırıcılar ve titanatlar gibi kapasitörler kullanıma sunulabilmektedir (Doğan, 1984).

Özellikle son yıllarda seramik alanında önemli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmelerin nedenleri şöyle sıralanabilir.

- (i) Son zamanlarda seramik konusunda çalışma koşulları geliştirilmiş, araştırmalar artmış ve en önemlisi araştırma sonuçları yayınlanmıştır.
- (ii) Çağdaş araştırma gereçleri seramik konusunda kullanılmaya başlanmıştır (X ışınları, elektron mikroskobu, diferansiyel termik analiz ve ısısal gravimetri gibi).
- (iii) Hızla gelişmekte olan elektronik, tıp, nükleer enerji, uzay çalışmaları alanlarında seramik malzemelere duyulan gereksinimin çok fazla olması araştırmacıları zorlamıştır.
- (iv) Jeoloji, mineroloji, kimya, fizik, fiziko-kimya, yüksek sıcaklık kimyası bilimleri ile seramik bilimindeki teoriler açıklanmıştır. Faz diyagramları ile oksitlerin ısı davranışları belirlenmiştir.

- (v) Seramik malzemelerin bir çok özelliklerinin standart ölçülere dayandırılarak üretilmesi zorunluluğu çalışmaları yoğunlaştırmıştır.

1.3.2. Seramik Ürünlerinin Çeşit ve Yapıları

Seramik ürünler yapılarında olabilecek küçük farklardan dolayı çok değişken karakterlerde üretilenlerden, standart bir yöntemle sınıflandırılmaları mümkün değildir. Buna karşın en yaygın sınıflandırma aşağıdaki gibidir (Doğan, 1984):

- (i) Pişmiş kil ürünleri,
- (ii) Isıya dayanıklı (refrakter) ürünler,
- (iii) İnce ve beyaz pişen ürünler,
- (iv) Teknik seramikler

Bu ürünleri incelersek:

- (i) **Pişmiş Kil Ürünleri :** Doğada bulunduğu şekli ile işlenip, genelde kırmızı ve tonlarında pişen ürünlerdir. Demir - oksitçe zengin kil yataklarından elde edilip inşaat sektöründe çokça kullanılırlar. Yüke dayanımları az ve su emmeleri yüksek olup bazen sırlanarak dekoratif seperasyon malzemesi olarak kullanılırlar. Harman tuğlaları, delikli-deliksiz inşaat tuğlaları, çeşitli künkler, baca ve başlık tuğlaları, saksı, bahçe seramiği ve kiremitler bu sınıfın önemli ürünleridir.
- (ii) **Isıya Dayanıklı (Refrakter) Ürünler :** Isıya dayanımı yüksek olan ürünlerin genel tanımıdır. Çizelge 1.2 ' de asidik, bazik ve nötr refrakterler olmak üzere üç grup refrakter belirtilmiştir.

Çizelge 1.2. Refrakter Ürünler (Doğan, 1984)

ASİDİK REFRAKTER	NÖTR REFRAKTER	BAZİK REFRAKTER
Zirkon	Alümina	Magnezit
Ateş Kili	Karbon	Periklas
Silika	Krom	Dolomit
Mulit	Boksit	Forsterit
Silimanit		

(iii) **İnce ve Beyaz Pişen Ürünler :** Bu grubun ürünleri olduğunca saf hammaddelerden üretilir. Sofra takımları, banyo malzemeleri, yer ve duvar döşemeleri, süs eşyaları, elektrik izolasyon malzemeleri ve laboratuvar gereçleri bu grubun kapsamındadır. Bileşimleri genel olarak;

% 50 Kil-Kaolen

% 25-45 Kuvars

% 0-15 Kalker

% 0-25 Feldspat' ır.

Kaolenin plastikliği az olduğundan beyaz pişen ince seramik kili ile desteklenir.

Kabaca porselen, gre ve fayans olarak çeşitlendirilebilir. Günlük yaşamımızda çokça kullanılan bu ürünler gelecekte de önemlerini koruyabilecektir.

Porselen : Sert porselen yoğun ve beyaz pişen ürünlerdir. Kaolen, potasyum feldspat ve kuvars içerir. Pişirme sırasında feldspat önce erir, kaolenle tepkimeye girer. Oluşan eriyik zamanla kuvarsı eritir. Sert porselenler için pişme sıcaklığı 1280-1460 °C arasında değişir.

Yumuşak porselen, sert porselene oranla daha düşük sıcaklıkta pişen, sinter, beyaz ve şeffaf görünümlü birçok ürünü kapsar. Her iki türün de gözenekleri ve su emmeleri çok düşük olup %0-1 dolayındadır. Feldspatın etkisiyle tamamen camsı bir yapı oluşmaktadır.

Gre : Bunlara sert çini de denir. Su emmesi %5 civarındadır. Yer karoları, süs eşyaları, sofra malzemeleri, düşük gerilim elektrik izolatörler ve kimya endüstrisinde kullanılan reaktiflere dayanıklı kaplar gibi ince seramikler ürünler üretilir. Greler bazen 1250 °C 'da vitrifiye olan killerden de üretilir. Bu türüne **doğal gre** denir. Kil, kaolen, feldspat ve kalkerden oluşan karışımlardan yapılan yüksek kaliteli izolatörler ve sıhhi tesisat gereçleri de bu gruba girer.

Fayans : Bu tür ince seramiklere **ak çini** de denir. Su emmeleri %15 civarındadır. 1040-1150 °C 'da üretilir. Poroziteleri fazla olduğundan üretimleri kolay, fakat saydam değildirler. Bu grupta duvar fayansları, bazı sofra malzemeleri, süs eşyaları gibi ürünler üretilir. Çamur bileşimlerine göre kalkerli, feldspatik ve talklı olarak ayrılırlar (Doğan, 1984).

Teknik Seramikler : Son yıllarda çokça kullanılan ürünler olup, sertlik, elektrik iletim ve yalıtım özellikleri, ısı iletim ve yalıtım özellikleri, manyetik özellikleri, yarı iletkenlik özellikleri ve piezoelektrik özellikleri vardır. Bu nedenlerle elektronik alanında, bilgisayarlarda, makina parçalarının üretiminde, uzay çalışmalarında, nükleer enerji alanında geniş kullanım alanları bulunmaktadır. Bu gruptaki malzemelerin başlıca türleri şunlardır (Doğan, 1984):

- (i) Saf oksit seramikler,
- (ii) Seramik- metal karışımı ürünler,
- (iii) Seramik-manyetik ürünler,
- (iv) Piezo-elektrik seramik ürünler,
- (v) Metaller ve metaller arası bileşikler olarak sınıflandırılabilir.

1.3.3. Seramik Hammaddeleri

1.3.3.1. Killer

Özlü hammaddeler olarak tanımlanan killer, belirgin bazı özelliklerinden dolayı çok eskiden beri kullanılmaktadır. Kil kelimesi tane boyu ölçüsü, petrografik ve minerolojik bakımdan üç farklı anlam taşımaktadır. Tane boyu olarak 2 ile 0.2 μm boyutundaki partiküller, petrografik olarak kohezif topraklar, kohezyonlu malzeme veya çok ince taneli sedimanter kayalar mineralojik olarak da bir mineral grubu anlamlarında kullanılır (Temur, 1994).

Killerin analizinde; Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , K_2O ve Na_2O değerlerine bakılır. Al_2O_3 oranının %20-40 arasında olması istenir. Bu değer seramik killerde düşüktür.

Killer; granit, feldspat, pegmatit, gibi kayaların alterasyonu sonucu oluşur. Killerin oluşum alterasyonu iki türlü olur (Kuşçu, 1991):

1) Hipojenik Etkenler : Bunlar yeraltında ısı ve kimyasal reaktiflerin etkisi ile oluşan ayrışmalardır. Başlıca kimyasal reaktifler CO_2 ve SO_2 gazları olup ısınn yardımı ile ana kayalara etki yaparak dönüşümü sağlarlar.

2) Epijenik Etkenler : Yeryüzünde; suların, havanın, kar, yağmur, buzul gibi koşulların oluşturduğu alterasyondur.

Kil minerallerinin değişik özellikleri esas alınarak pekçok sınıflandırma yapılmıştır. Bunlardan en çok kullanılanları genetik, mineralojik ve kullanma alanlarına göre yapılan sınıflandırmalardır. Endüstri ile doğrudan ilişkisi nedeniyle kullanıma göre sınıflandırma kabaca şöyle yapılabilir (Temur, 1994):

- (i) Kaolenler
- (ii) Plastik Killer
- (iii) Ateş Kili
- (iv) Saksı Kili
- (v) Döşeme ve Künk Killeri
- (vi) Tuğla ve Kiremit Killeri

Seramikte kullanılan bazı kil türleri şunlardır:

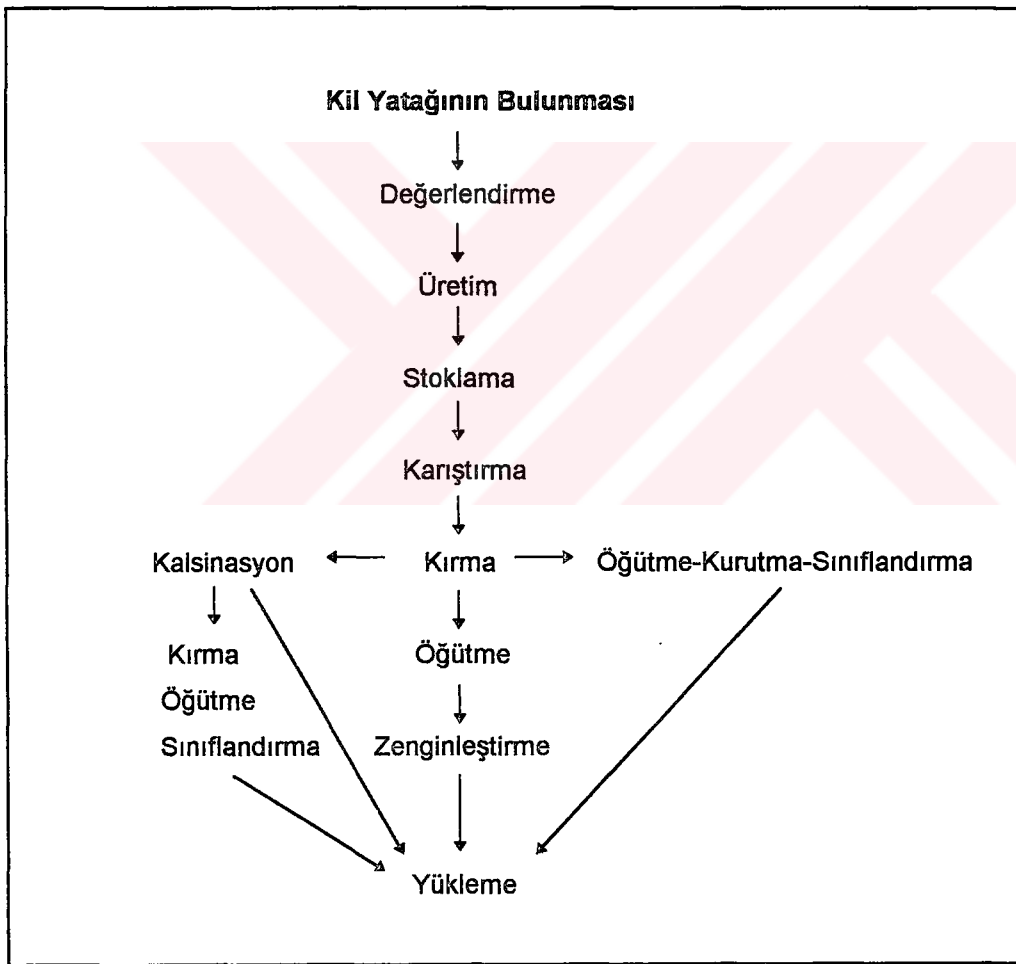
Kaolen : Kaolen yatakları % 40' dan fazla kaolinit bulunduran kil yataklarına denilmektedir. Kaolinit elektrik olarak nötrdür. Su ile temas edince hafif negatif yüklenir. Isıtıldığı zaman orta derecede bir plastisite kazanır ve içsel sürtünmesi diğer kil minerallerinden daha fazla olur. Kaolinitin kayacı feldspatça zengin magmatik veya sedimanter kayalardır.

Türkiye'de literatüre geçmiş 150' nin üzerinde kaolen yatağı bulunmaktadır. İşletilen yatakların büyük bir bölümü Marmara Bölgesi ile Eskişehir, Uşak ve Kütahya illerinde yer almaktadır. Yıllık kaolen üretimi 1970 yılında 150 000 ton, 1983 yılında ise 520 000 ton olarak gerçekleşmiştir (Kuşçu, 1991).

İnce Seramik Killeri : Literatürde 'Ball Clay' olarak isimlendirilirler. Sekonder ince taneli killerdir ve plastiklikleri yüksektir. Pişme renkleri beyaza yakın, gri, bej ve kremidir. Genellikle kaolinit mineralleri ile oluşmuşlardır. Bazen az miktarda montmorillonit minerali de içerirler. Yataklardan çıkarıldıkları gibi kullanılırlar. Ülkemizde Söğüt ve Bilecik yörelerinde bulunan killer bu tür killer olarak tanımlanmaktadır (Doğan, 1984).

Refrakter Killer : Al_2O_3 oranı yüksek olan killerdir. Demir oksit ve alkali oksitleri bu tür killerde bulunmamalıdır. İki önemli türü vardır. Şamot kili alüminyum yüzdesi yüksek olan sert yapıdaki killerdir. Kömür yataklarının katmanlarında genellikle bu tür killere rastlanır. Bağlama kili ise, refrakter ve plastik killerdir.

Tuğla - Kiremit Killeri : Genellikle içerdikleri demir bileşikleri nedeni ile kırmızı ve kahve renklerde pişerler. Gerekli dayanımı sağlayacak kadar 950-1100 °C arasında pişirilirler. Bu killer, yüzeye yakın olarak bulundukları için fazla miktarda organik bileşikler (kömür, ağaç gibi) ve kalker, demir gibi safsızlıklar içerirler. Şekil 1.2' de Kil Üretim Teknolojisi akım şeması verilmektedir.



Şekil 1.2. Kil Üretim Teknolojisi Akım Şeması (Teyton, 1988)

Bentonit : Kolloidal alüminyum hidrosilikat olan bentonit, büyük bir bölümü montmorillonit grubu kil minerallerinden oluşmuş ve genellikle baydellit ihtiva eden bir kayadır. Montmorillonit ve baydellit oranı %75' in üzerinde olan hammaddeler bentonit olarak değerlendirilebilirler (Temur, 1994).

Bentonit yataklarının ana minerali olan montmorillonit, feldspatların bazik ortamda ayrışması ile oluşur. Bentonit, bağlayıcılık ve plastiklik özelliklerinden dolayı seramik sanayiinde çokça kullanılmaktadır.

1.3.3.2. Özsüz Hammaddeler

Seramik hamurlarında istenilen nitelikleri sağlayabilmek için pek çok özsüz hammadde kullanılır. İçerdikleri minerallerin pişme sürecindeki görevlerinin dışında deformasyonu önleyici, sinterleşmeyi sağlayıcı, iskelet görevi yapan, kuruma küçülmesini azaltan ve plastikliği düzenleyen hammaddelerdir (Doğan, 1984).

Kuvars : SiO_2 veya diğer adı silis, kuvars halinde doğada bol miktarda bulunur. Saf kuvars renksizdir. Mangan içerikli amatist adı verilen mineral, pembe renkli bir kuvarstır. Doğada en çok gri, sarı ve beyaz renklerde bulunur. Eridiği ortamlarda genleşme katsayısını düşürücü etki eder. Tam olarak erimemesi durumunda, aksine genleşme katsayısını yükseltir. Erimemiş kuvarsın genleşme katsayısı, erimişe göre 150 kat büyüktür. Kuruma ve pişme küçülmesini azaltır. Seramik yapılarda iskelet görevi yapar, deformasyonu önler, asitlere dayanımı artırır (Doğan, 1984).

Feldspat : Potasyum, sodyum ve kalsiyum alumina silikat bileşimli bir mineral grubuna feldspat denilmektedir ($\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2$). Rengi gri, pembe veya beyaz sertliği (6-6,5), dilinimler birbirine dik ve iki yönde mükemmeldir (Cornelius ve Hurlbut, 1982). Bu minerallerin yapılarını birkaç metal oksitten oluşan kompleks silikatlar oluşturur. Yeryüzünde en çok bulunan silikat mineralidir.

Özellikle geleneksel seramik ürünler için en önemli hammaddelerden birisidir. Bu hammaddelerin seramik hamurunda kullanılmasının nedeni, seramik ürününün bileşiminin K_2O , Na_2O ve CaO bileşiklerini kazandırmaktır. Seramik yapıdaki cam faz

bu oksitlerin yardımıyla sağlanmaktadır. Bu oksitlerin eriticilik özelliklerinden yararlanılır. Pişme sürecinde kuvars ile birlikte camı fazi oluşturur (Doğan, 1984).

Kireçtaşı : Bileşiminde %50'den daha fazla CaCO_3 bulunduran, kimyasal, biyokimyasal veya detritik çökelimli sedimanter kayalara **kireçtaşı** denilmektedir. (Temur, 1994). Kireçtaşı, jeolojik devirlerde, deniz hayvanlarının kabuklarının birikmesi ve sedimanter kaya tabakaları oluşturması ile meydana gelmiştir. Çok saf kristal halinde bulunan kalsiyum karbonata **kalsit** adı verilir. Mermer ise kalsiyum karbonatın diğer bir çeşidi olup ısı ve basınç ile değişmesinden oluşmuştur. Düşük sıcaklıkta (950°C) CO_2 uçarak geriye CaO kalır. Kireçtaşı sinterleşmeye yardımcı olur. Sır ile çamur arasında ara tabakanın daha iyi oluşmasını sağlar.

Talk, Dolomit, Magnezit : Çok aktif olan magnezyum elementi doğada serbest halde bulunmaz. Ancak bu elementi bileşikler halinde bol miktarda elde etmek mümkündür. Magnezyum; Talk ($4\text{SiO}_2 \cdot 3\text{MgO} \cdot \text{H}_2\text{O}$), Dolomit ($\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$), az rastlanan Magnezit (MgCO_3) gibi bileşikler halinde bulunur. Bunların dışında özsüz hammaddeler olarak, korundum, diaspor gibi Al_2O_3 kaynağı maddeler, şamot, kemik külü ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), cam tozu, silisyum karbür gibi yapay maddeler de kullanılabilir.

1.3.4. Seramik Üretim Yöntemleri

Seramik proseslerinde çeşitli yöntemlerle üretim yapılmadan önce üretime hazırlama aşamasıyla ön çalışmalar gerçekleştirilir. Bu işlemler doğadan çıkarılan ham kaolenin zenginleştirilmesi, feldspat ve kuvars gibi malzemelerin ise Cevher Hazırlama yöntemleri ile istenilen boyuta getirilmesi çalışmalarını kapsar.

Başlıca seramik üretim yöntemleri; presle şekillendirme, plastik şekillendirme ve dökümle şekillendirme olarak belirtilebilir. Pişirme ise seramik üretiminin temel proses parametresidir (Doğan, 1984).

1.3.4.1. Presle Şekillendirme

Bu yöntemde, %4-10 arasında nem içeren hamur presteki kalıba otomatik olarak beslenir. Yeterli basınç altında kuru halde olan hamur kalıptaki boşluklara

doğru akma gösterir. Nem içeriği çok düşük olduğundan küçülme de çok düşük olur. Kuruma sonucunda deformasyon, çatlama gibi bozukluklar olmaz. Uygulanan basınç, kalıpların ebadlarına göre gerekirse artırılabilir. Genellikle refrakterler, fayanslar, karolar ve elektro-karolar bu yöntemle şekillendirilir.

Yer Karolarında Kuru Presleme : Yer karosu, şekil ve boyut gözönüne alınmaksızın kapalı ve açık alanlarda yer (zemin) kaplaması için tasarlanan inşaat malzemesidir. Kuru presleme ile üretilen bir yerkarosu yapısal olarak dört kısımdan oluşur; bünye (masse), engob (astar), sır ve dekor (Tefek ve Bilgeç, 1997).

Karo bünyesi yaş ve kuru işlemlerle hazırlanır. İnce parçacıklar halindeki bünye prese kalıp içinde yüksek basınç altında yerleştirilir. Presleme sonunda elde edilen ürüne **ham karo** denir. Preslenmiş bünye sırsız veya sırlı olarak pişirme işlemine tabi tutulur.

Pişirme : Şekillendirilmiş seramik çamurlarının suya ve kimyasal maddelere dayanıklı, kararlı bünyelere dönüştürülebilmeleri için bileşimlerine ve niteliklerine göre 700-2000 °C arasında en az bir kez pişirilmeleri gereklidir (Doğan, 1984). Pişirme iki türlü olabilir:

1) Çift Pişirim : Ham karo kurutulduktan sonra 1250 °C'da ilk pişirimden geçirilir. İlk pişirimden geçen bünye, **büsküvi** olarak tanımlanır. Kırık ve çatlaklardan ayrılan sağlam büsküviler, sırlama için sırlama hattına gönderilir. Sırlanan, gerekirse dekor uygulanan büsküviler ikinci kez yaklaşık 1000 °C'da pişirilir.

2) Hızlı Tek Pişirim : Ham karo kurutulduktan sonra direk olarak sırlama hattına gelir. Sır ve dekor işlemlerinden sonra tek pişirime tabi tutulur.

Hızlı tek pişirim ile yer ve duvar karosu üretiminde kullanılan tipik bir modern tesis, değirmen, püskürtmeli kurutucu (spray dryer), pres, düşey kurutucu, sırlama hattı, çubuklu fırın (roller kiln) ve ayırma-paketleme hattı gibi standart donanımlardan oluşur (Tefek, 1990).

Bünye Hazırlama : Yer karosunda istenilen dayanıklılık, porozite gibi özelliklerin elde edilmesi için bünyedeki hammadde oranlarını gösteren reçeteye göre hammaddeler beşigerlerde tartılır. Beşigerlerdeki hammaddeler bant vasıtası ile bilyalı

değirmenlere yüklenir ve belirli oranda su ilavesi yapılır. Değirmenlerin içerisinde yaklaşık 8-10 saat süreyle öğütülen bünye, sulu çamur halinde değirmenlerden boşaltılarak havuzlara alınır. Havuzlardan alınan çamur pompalar vasıtası ile püskürtmeli kurutucuya gönderilir. Püskürtmeli kurutucu ters akım prensibi ile çalışır. Kurutucudan alınan toz bünye silolarında depo edilir.

Sırlama : Sır, seramik bünyelerin üzerini kaplayan ince, sert, camsı bir tabakadır. Çizilmeye, kırılmaya, kimyasal etkilere karşı bünyenin direncini artırır, gözenekli bünyelerin su emmelerini engeller. Parlak veya mat düz bir yüzey oluşturarak çeşitli renklerle ürünün güzel görünmesini sağlar (Tefek ve Bilgeç, 1997).

Sırlama hammaddeleri ve yardımcı maddeler bilyalı değirmenlere belirli oranda su ilavesi yapılarak yüklenirler. Yaklaşık 6-8 saatlik bir öğütme süresi sonunda oluşan sır, tanklara alınarak stoklanır. Sır hazırlamada yapılan işlemler engobun hazırlanması için de geçerlidir. Sırlama işlemi 70-80 m uzunluğunda bir bant üzerinde gerçekleştirilir.

1.3.4.2. Plastik Şekillendirme

Yeterli ölçüde kil içeren hamurlarda su ile istenen plastiklik elde edilebilir. Kil oranının düşük olduğu yüksek dereceli hamurlarda ise organik bağlayıcılar da kullanılır. Su, plastikliği arttırdığı ölçüde küçülmeyi de artırır. İstenen kıvamda hazırlanan hamur dönen tablaların üzerine konarak el yardımıyla veya şablon aracılığıyla şekillendirilir. Suyu daha aza indirilmiş plastik çamur (%20-30) boru gibi uzun malzemelerin yapımında, havası iyice alındıktan sonra bir sonsuz vida yardımı ile kalıpların içine basılarak şekillendirilir.

1.3.4.3. Dökümle Şekillendirme

Diğer yöntemler ile şekillendirmenin olanaksız olduğu karmaşık yapıların şekillendirilmesi döküm yöntemi ile yapılır. Öncelikle hazırlanan döküm çamuru istenen şekle uygun alçı kalıplara dökülür. Suyu emen alçının yüzeyinde çamur

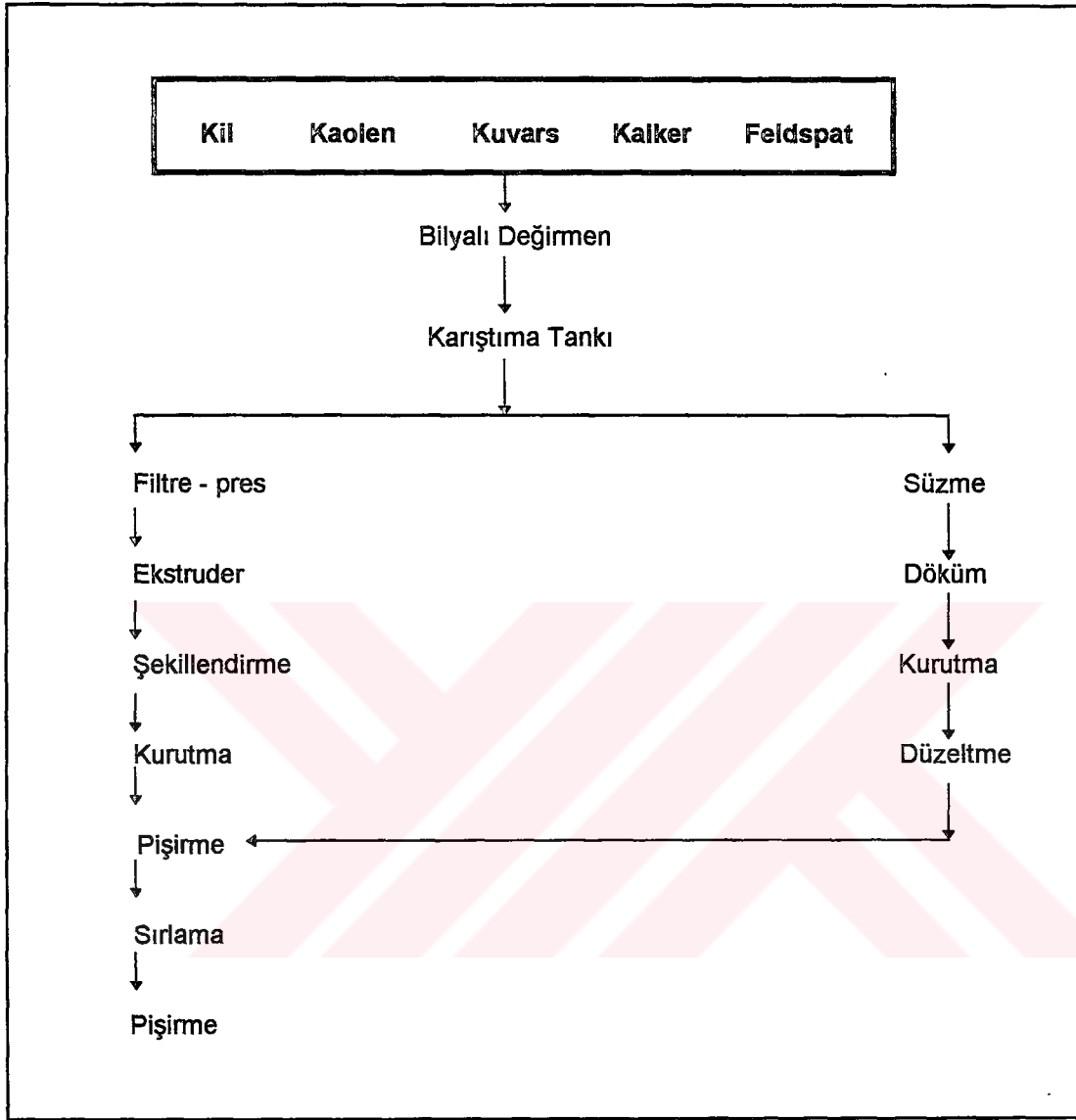
tanecikleri tabakalaşarak istenen et kalınlığı elde eildikten sonra kalıptaki çamur boşaltılır. Kuruduktan sonra kalıptan çıkarılıp çapakları temizlenir ve pişirilir.

Prosesin genel üretim akım şeması Şekil 1.3' te gösterilmiştir. Bu yöntemde verimliliğin sağlanabilmesi için dikkat edilecek en önemli nokta, mümkün olan en az su ile çamurun akışkan hale getirilmesidir. Diğer önemli bir nokta ise alçı kalıbın gözenekliliğidir. Gözeneklilik (alçı/su) oranı ile sağlanır. En uygun oran (100/75) 'dir.

1.3.5. Seramikte Camı ve Kristal Fazlar

Yüksek sıcaklıkta oluşan camı ve kristal faz, ürünün özelliklerinin belirlenmesinde büyük önem taşır. Refrakter ürünlerde camı faz yüke dayanımı azalttığından olumsuz etkide bulunurken, porselende şeffaflığı sağlayarak olumlu sonuçlar verir. İstenen bünyelerin oluşturulmasında hammaddelerin bileşimi, pişme sıcaklığı ve süresi büyük rol oynar. Bu maddelerin tek tek davranışlarından çok birbirleri ile tepkimeleri oluşumlarını etkilemektedir. Kaolen ve feldspatın oluşturduğu mulitin doğrudan kaolenin ayrışmasından veya eriyen feldspatla bağlanan kaolenin geri kristallenmesinden olduğu bilinmektedir. Seramiğin temel kristal fazı mulittir. Kaolenitin bozunması ile ilk olarak taneciğin dış yüzünde başlamaktadır. Sıcaklığın ve pişme süresinin artması ile mulit içeriği artar (Doğan, 1984).

Eritici özelliği olan feldspat, 1100 °C' ın üzerinde erimeye başlayarak kil ve kuvarı çevreler ve eriterek camı fazı oluşturur. Ayrıca killeri içerdikleri alkali safsızlıkları dolayısıyla bağımsız olarak camı faz oluşturabilirler. Oysa kuvarı çok ince taneciklerinin dışında feldspat ile tepkimeye girmeyerek yapının iskeletini oluşturur ve deformasyonu önler.

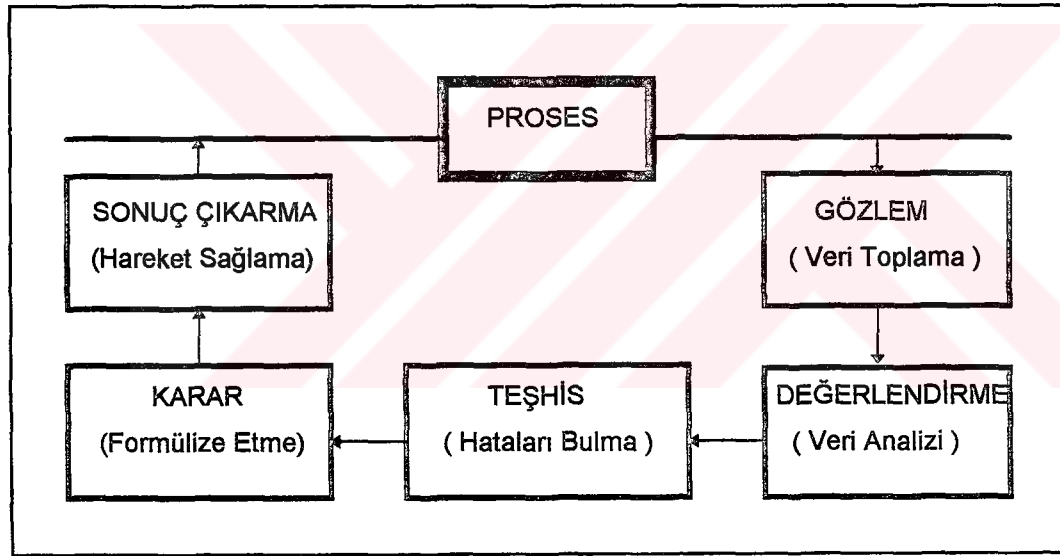


Şekil 1.3. Dökümle Şekillendirme Akım Şeması (Doğan,1984)

2. İSTATİSTİKSEL PROSES KONTROL

2.1. İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) ve Kalite Kontroldeki Önemi

İstatistiksel Proses Kontrol (İPK), proses stabilitesinin sağlanması ve proses yeteneğinin artırılması için kullanılan matematiksel araçların birleşim tekniğinin adıdır. İPK temelde, bir ürün veya hizmetin üretiminde istenen kalite düzeyini gerçekleştirmek için üretimin bazı aşamalarında ürün veya hizmetin kalitesini denetlemek yerine, üretimin tümünü kontrol etme fikrine dayanır (Kavrakoğlu, 1994). Burada ürün veya hizmet bir sonuç, proses ise bu ürün veya hizmeti oluşturan nedenler ve etkenler zinciridir. Şekil 2.1' de İPK' nın işlem süreci belirtilmiştir (DeVor,1992).



Şekil 2.1. İstatistiksel Proses Kontrolün Akış Diyagramı (DeVor, 1992)

İstatistiksel proses kontrolün amaçlarını ve yöntemden elde edilebilecek faydaları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Ishikawa, 1991):

- (i) Ürün kalitesinin gelişmesi
- (ii) Kalite maliyetlerinin düşmesi
- (iii) Hatalı ürün miktarının azalması
- (iv) Muayene ve test masraflarının azalması

- (v) Ürün güvenilirliğinin artması
- (vi) Kapasitenin artması
- (vii) Ürün miktarının artması
- (viii) Birim maliyetlerin azalması
- (ix) Tutarlı üretim ve taşıma programlarının yapılabilmesi
- (x) Daha az reklam ücreti
- (xi) Bölüm ve yönetim ilişkilerinin gelişmesi
- (xii) Gerçekçi standart ve spesifikasyonların belirlenmesi
- (xiii) Hatalı veri raporlarının azalması
- (xiv) Daha az makina arızası
- (xv) Bakım-onarım ve yeni ekipman alım işlemlerinin daha akıcı hale gelmesi
- (xvi) Üretimlerdeki duruşlarda azalma

2.2. İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri

İstatistiksel proses analizleri yapmak için temel, orta ve ileri derecede istatistik teknikler kullanılmaktadır. Bu analizlerde kullanılan temel teknikler şunlardır (Kolarik, 1996):

- (i) **Veri Toplama ve Çetele Analizi**
- (ii) **Pareto Analizi**
- (iii) **Neden - Etki Diyagramları**
- (iv) **Histogramlar**
- (v) **Gruplandırma**
- (vi) **Dağılma Diyagramları**
- (vii) **Kontrol Şemaları**

2.2.1. Veri Toplama ve Çetele Analizi

Bir işletmenin veya prosesin performansını geliştirmek için mutlaka verilere ihtiyaç vardır. Daha çok veri daha başarılı bir yönetim anlamına gelmez; sadece gerekli veriler toplanmalıdır. Kullanılmayan veya değerlendirilmeyen veriler zararlıdır,

zira gereksiz maliyet getirirler (Kavrakoğlu, 1994). Veri toplanırken dikkat edilmesi gereken noktalar şunlardır (Kume, 1989):

- (i) Hangi konuda ve ne amaçla veri toplanacağı belirlenmelidir.
- (ii) Hangi örnekleme yönteminin kullanılacağı belirlenmelidir.
- (iii) Verilerin kaynağı, tarihi, ölçümü yapan kişi ve ölçüm aletleri kaydedilmelidir.
- (iv) Veriler tarafsız olmalı ve yorum katılmamalıdır.
- (v) Yeterli sayıda veri toplanmalı ve özetlenmelidir.

Veriler, proses (faaliyet / işlem) **girdileri** ile **çıktılarının** yanısıra proses özellikleri ile de ilgili olabilir. Veriler, araştırılan özellikteki değişkenliği incelemek için toplanırlar. Değişkenlik üç türlü olabilir (Kavrakoğlu, 1994):

- (i) *Zamana Göre Değişim* : Örneğin, bir proseste sıcaklığın zamana göre değişimi bu tip bir değişimdir.
- (ii) *Konuma Göre Değişim* : Bir yer karosunun köşelerinin ekseni yönündeki değişimi konuma göre bir değişime örnek oluşturabilir.
- (iii) *Parçadan Parçaya Değişim* : Örneğin, üretilen çeşitli yer karolarının mukavemetleri arasındaki farklılık parçada parçaya bir değişimi tanımlar.

Veriler iki ana grupta toplanabilir:

1) Değişken Veriler : Kalınlık, sıcaklık, basınç gibi belirli bir normla kıyaslanacak değerlere sahip verilerdir. Kalite geliştirme çalışmalarında değişken veriler niteliksel verilere oranla daha fazla kullanılırlar.

2) Niteliksel Veriler : Belli bir özelliğin olup olmaması veya kaç adet olduğu ile ilgilidir. Örneğin bir parçanın kusurlu olup olmaması 0 veya 1 ile ifade edilir. Bir parçada kaç adet kusur bulunduğu belirlenmesi de diğer bir niteliksel veri türüdür.

Veriler **otomatik** bir sistemle ya da **manuel** olarak toplanabilir. Tercih edilmesi gereken manuel veri toplama yöntemidir. Bunun nedenleri şunlardır (DeVor, 1992):

- (i) Manuel veri toplama işi uygulamayı yapanı prosese yaklaştırır, prosesi daha iyi anlamasını ve hissetmesini sağlar.
- (ii) Olaylar ilerledikçe veriyi toplayan kişi prosesi izlerken sebep - sonuç

ilişkileri görmeye, bazı keşifler yapmaya başlayacaktır. Esas amaç da zaten gelişimi başarmaktır.

- (iii) **Sürekli gelişme** amaçlı veri toplama işi araştırma niteliklidir ve geçicidir. Gelişme sağlanınca, veri toplama da bırakılır. Geçici faaliyetler için manuel sistemler daha esnek ve ucuzdur.

Çetele Tablosu : Çetele tablolarına **kayıt formları** da denilmektedir. Kayıt formlarının hazırlanmasının faydası, verilerin gerçekleri temsil edecekleri doğrulandıktan sonra verilerin kayıt işlemlerini, özetlenmesini ve analizini en kolay bir şekilde sağlayacak yöntemin bulunmasına yardımcı olmasıdır.

Uygun bir form üzerinde çetele tutularak kaydedilen veriler dağılımın şekli hakkında bize bilgi verirler. Tepe noktalarının (mod) sayısı, basıklık ve çarpıklık durumu, uç değerlerin varlığı yada kesikli durumların olup olmadığı, spesifikasyonlar (toleranslar) dışına taşmaların varlığı açıkça görülebilir. Çetele tabloları hangi verilerin, nereden, ne zaman, kim tarafından, hangi amaçlar kullanılarak toplanacağını göstermektedir. Bir işletmede çetele tablolarının; üretim süreci dağılım kontrolleri, hatalı parça kontrolleri, hatalı veri kontrolleri, hataların nedenlerinin kontrolü gibi çeşitli fonksiyonları vardır.

Çap, boyut, ağırlık, hacim gibi değişkenlik gösteren niceliksel veriler için kullanılan çetele tablolarının yanısıra, Çizelge 2.1’ de örnek olarak seramik prosesi için oluşturulmuş niteliksel çetele tabloları da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Çizelge 2.1. Niteliksel Analizler için Veri Tablosu (Kume, 1989)

HATA TÜRÜ	ÇETELE	HATALI ADET
Boyama Hatası	IIII	5
Pres Hatası	IIIII	6
Hammadde Hatası	III	3
Pişirme Hatası	IIIII	6
Sırlama Hatası	IIIIIIIIII	11
TOPLAM HATA		31

2.2.2. Pareto Analizi

1897 yılında İtalyan ekonomist V. Pareto tarafından ilk teorisi oluşturulan analiz yöntemi, Amerikalı iktisatçı M.C. Lorenz tarafından geliştirilmiştir. Dr. J.M. Juran ise Lorenz' in oluşturduğu diyagramlara başvurarak Pareto analizini matematiksel olarak ifade etmiştir (Kume, 1989).

Pareto grafikleri; arızalar, tamirler, bozuk ürünler, talepler, noksanlıklar veya kazalar ile mali kayıplar ve bunların çeşitli sebepleri gibi olayların görsel olarak oluşma frekanslarını gösteren bir tür frekans dağılım grafikleridir. Pareto Analizi kalite geliştirmede çokça kullanılan bir tekniktir. İşletmelerde stoklara bağlı paranın %80' inin ürünlerin sadece %20' sine ilişkin olduğu tesbitinden hareketle '**bağlı paranın durumu oldukça dengesizdir**' yorumu elde edilmiştir. Pareto'nun bu gözlemi, bugün **80 : 20 Kuralı** diye bilinen ilişkiye yol açmıştır. Güncel olarak bu analiz, önemliyi önemsizden ayırt etmek için kullanılmaktadır (Kavrakoğlu, 1994).

Pratik olarak kalite sorunlarının büyük kısmını çözmek için hata kaynaklarının en önemlilerini ortadan kaldırmak yetmektedir. Örneğin, seramik prosesindeki duruşlarda kaybedilen zamanı önlemek için etkili nedenleri tesbit edip onları gidermek yeterli olmaktadır.

2.2.2.1. Pareto Diyagramları için Problem Kaynaklarına Yönelim

Bir proses pek çok iç proses ve parametreden meydana gelebilir. Pareto Diyagramları, prosesin başlıca problemlerini ve kimlerden-nelerden kaynaklandığının bulunmasında önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Bu analiz tekniğinin ilgilendiği elemanlar sınıflanırsa (Kume, 1989):

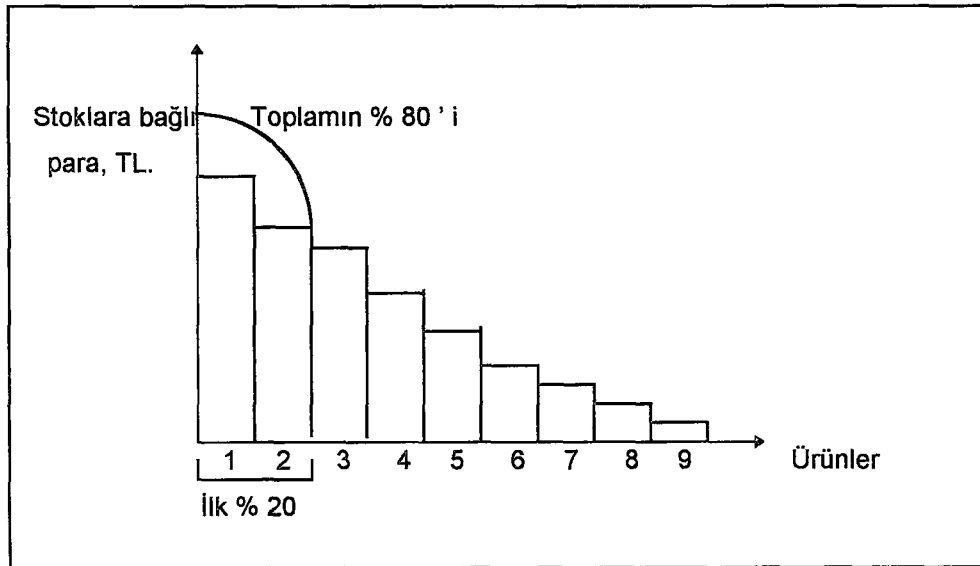
- (i) **Operatör** : Vardiya, grup, yaş, tecrübe, beceri.
- (ii) **Makina** : Makinalar, ekipmanlar, aletler, organizasyonlar, modeller ve enstrümanlar.
- (iii) **Ham Madde** : Üretici, fabrika, parça, tür.
- (iv) **İşlem Yöntemi** : Koşullar, yöntemler, anlaşmalar olarak belirlenebilir.

2.2.2.2. Pareto Diyagramının Oluşturulması

Pareto Diyagramı çizmek için belirli bir zaman aralığında ve düzenli bir şekilde toplanıp kontrol tablosuna işlenen verilerden yararlanılmaktadır. İşlemin aşamaları şunlardır (Montgomery, 1986):

1. **Basamak** : Toplanan veriler yardımıyla nasıl bir probleme yöneleceğimize karar verme.
2. **Basamak** : Çeşitli başlıkları ve sayımları kaydederek sayımların toplamlarını belirleme.
3. **Basamak** : Veriler, tek tek toplamaları, kümülatif toplamalar, her toplamın yüzdesi, her toplamın kümülatif yüzdesinden oluşan bir tablo hazırlama.
4. **Basamak** : Düşey eksen kusurlu ünitelerin sayısı ve kümülatif yüzdelere, yatay eksen ise belirlenen kusurların dizildiği bir kapalı koordinat eksenini yaratma, bar diyagramı çizme.
5. **Basamak** : Kümülatif eğrisini (Pareto Eğrisi) çizerek, parametrelerin gösterimi.

Pareto analizi iki şekilde kullanılır. Bunlardan biri ölçümlere / istatistiklere dayalı olarak pareto diyagramı çizmektir. Tipik bir örnek Şekil 2.2' de "80:20 Kuralı" ilişkisini de açıklayacak şekilde verilmiştir. Diğer tip çizim ise, hatalara dayalı eğri ile gösterimdir.

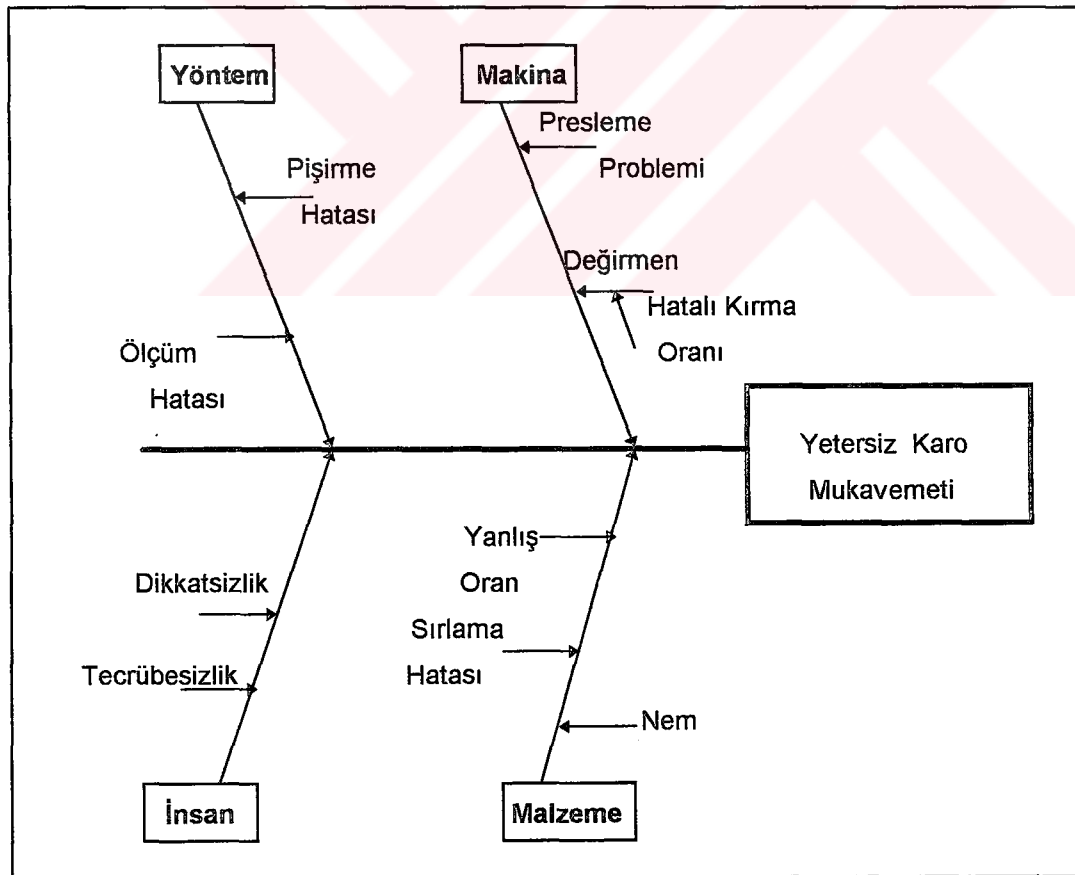


Şekil 2.2. Ölçümlere Dayalı Pareto Diyagramı (Kavrakoğlu, 1994)

2.2.3. Neden-Etki Diyagramları

Neden - Sonuç Analizi yada **Balık Kılçığı Diyagramı** da denilen bu diyagram, Prof. Kaoru Ishikawa tarafından işletmelerde kalite sorunlarının nedenlerini belirlemek için geliştirilmiştir. Oldukça basit şekilde uygulanabilen bu diyagram, sorunun nedenlerini sistemli bir şekilde araştırmaya yöneliktir (Kavrakoğlu, 1994). Sebep - Sonuç Diyagramları yardımıyla, hatalı ürünü ortaya çıkaran nedenler ile hataların önem derecelerini proses içerisinde sistematik olarak izlemek mümkün olmaktadır. Bir Balık Kılçığı Diyagramı'nın aşamaları şunlardır (Montgomery, 1986):

1. **Aşama** : Araştırılacak sorun bir kutu içine alınır ve kalın bir okla gösterilir.
2. **Aşama** : Düşünülen ana nedenler birer kutu içine alınarak bu oka bağlanır.
3. **Aşama** : Her ana nedenin hataya sebep olabilecek alt nedenleri işaretlenir.
4. **Aşama** : Tüm alt nedenler tanımlanıncaya kadar diyagram dallandırılır.



Şekil 2.3. Seramik için Örnek Kılçık Diyagramı (Kolarik, 1996)

Neden-sonuç analizinin yararları şunlardır (Kolarik, 1996):

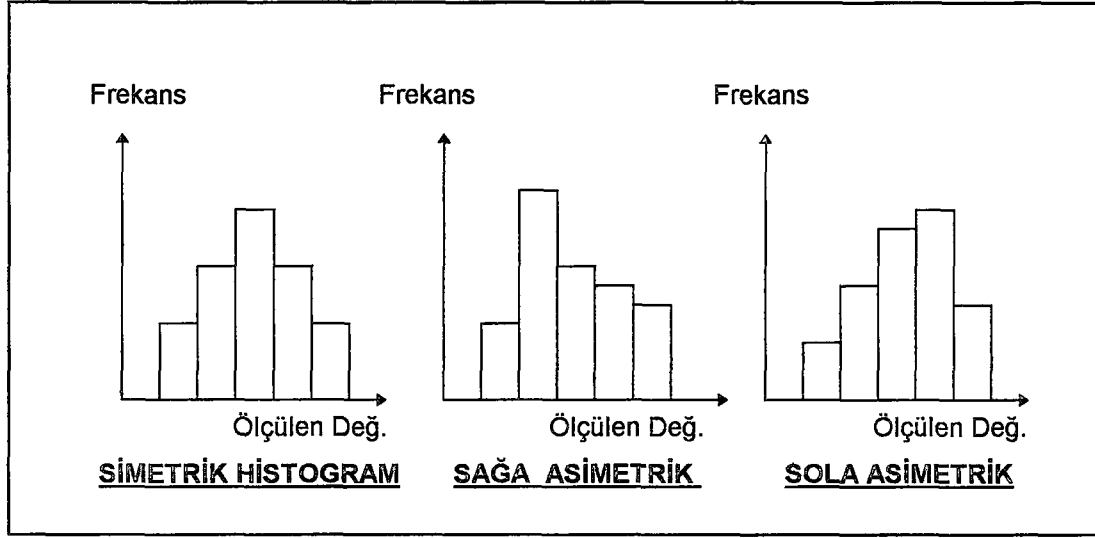
- 1) Yöntem, sorunların üzerine giden **aktif** bir yönetimi geliştirir.
- 2) Diyagramın hazırlanması iletişimi güçlendirir. Herkesin dikkatini bir noktaya toplamasını sağlar.
- 3) Başlı başına eğitici bir çalışmadır, herkesin bilgisini geliştirir.
- 4) Verilerin toplanmasını ve konuya bilimsel biçimde yaklaşmayı sağlar.
- 5) Konuya hakimiyeti denemek için eşsiz bir tekniktir.
- 6) Tüm sorunlara uygulanabilir.

2.2.4. Histogram Yöntemi

Histogramlar, genellikle bir olayın oluş sıklığını göstermek ve belirlenen zaman aralığında tanımlanan problemin daha sık meydana gelip gelmediğini hesaplamak ve ortaya çıkan dağılımın şeklini bilinen bir dağılım ile karşılaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Her histogram yalnızca bir tek özelliği ölçmektedir. Aynı özelliğe ait zaman içinde birden fazla histogram yapılmak suretiyle olay izlenebilir (DeVor, 1992).

Histogramı çizebilmek için yatay eksene ölçülen değerleri, yani toplanan verileri sınıflandırarak yazmak gerekir. Her bir sınıfa düşen frekans sayıları da dikey eksende gösterilir. Yorumların gerçeği yansıtabilmesi için en az 50 ve genellikle de 50-100 arasında veri ile çalışmanın daha doğru olacağı ifade edilmektedir. Elliden az veri ile çalışılırsa sınıf adetlerinin çok azalacağı ve üretim prosesinin dağılımı ile ilgili olarak yanıltıcı fikir elde edilebileceği belirtilmektedir. Bazı araştırmacılara göre ise veri sayısının 30 adet olması yeterli olmaktadır (Kavrakoğlu, 1994).

Histogramlar; dağılımın büyüklüğünü, simetri ve asimetri durumunu, şeklini, tek veya çift tepe noktalı oluşu gibi durumları yansıtır. Bunları izlemek suretiyle mevcut veya muhtemel sorunların yapısıyla ilgili önemli ipuçlarını elde edilebilir. Başlıca üç tip histogram vardır. Bunlar; normal dağılıma benzeyen, sağa veya sola yatık histogramlardır. Yatık olan histogramlarda veriler belirli bir tarafa doğru yığılma göstermektedir (Şekil 2.4), (Akın, 1996).



Şekil 2.4. Veri Dağılımına Göre Histogram Çeşitleri (Akın, 1996)

Histogramlar spesifikasyon ve sonuç arasındaki ilişkilerin araştırılmasında, normal olmayan verilerin belirlenmesinde, malzeme ve değişik verileri (alet vs) sınıflandırarak üretim süreci içerisinde değişikliklere neden olan faktörlerin gözden geçirilmesinde kullanılmaktadır (Montgomery, 1986).

2.2.5. Gruplandırma

Gruplandırma, belli kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılması sürecidir. Bu süreci kısmen tanımlayan diğer sözcükler şunlardır: parçalama, bölme, düzenleme, ayırma, kataloglama, tasnifleme ve karakterize etme (Akın, 1996).

Bu tekniğin altında yatan temel ilke, varolan bir sorunun tümüne birden bakıldığında parçalardan herhangi birini gözden kaçırmamaktır. Örneğin bir seramik fabrikasında üretilen ürünlerin satışındaki genel düşüşü görerek çözüm aramaya başlayan satış müdürü, öncelikle satışları bölgelere göre gruplandırarak değerlendirmeli, eğer sorun belli noktalarda ise bu sorunları çözmelidir. Özetle gruplandırma, kendi başına bir sorunu çözemez ama çözüme doğru yaklaştırmada çok etkin bir yöntemdir (Özer, 1989).

Gruplandırma ayrıca sorunların kaynaklarının belirlenmesinde, olumlu değişikliklerin nedenlerini incelemeye yararlı bir araçtır. Belirli olan malzeme, operatör, makina gibi parametrelerin incelenmesi için kullanılan basit bir istatistiksel proses kontrol tekniğidir. Gruplandırma toplu verilerin elemanlarına ayrılmasıdır. Başlıca üç tip gruplandırma tekniğine başvurulur (Akın, 1996):

- (i) Hata türüne göre
- (ii) Vardiya türüne göre
- (iii) Günlere göre

Karo üretimi için de kullanılabilecek **hata türüne göre gruplandırma tablosu** Çizelge 2.2’ de gösterilmiştir. Gruplandırma işleminden sonra hazırlanacak bir pareto diyagramıyla yorum yapmak daha kolay olacaktır.

Çizelge 2.2. Verilerin Hata Türlerine Göre Gruplandırılması (Akın, 1996)

Hata Türü	Gündüz Vard.	Gece Vard.	Genel Top.	Hata Oranı	Küm. Top.
A	20	60	80	28,6	28,6
B	15	15	30	21,4	50
C	14	20	34	24,3	74,3
D	16	20	36	25,7	100,0
TOPLAM	65	115	180	100,0	

2.2.6. Dağılma (Scatter) Diyagramları

Bu diyagramlar, iki değişken arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılan yararlı araçlardır (Montgomery, 1986). Çift değişkenli veri çiftleri (y_i, x_i) oluşturulduktan sonra $(i = 1, 2, 3, \dots, n)$ mevcut x_i değerlerine karşılık gelen y_i değerleri gösterilerek plot diyagram çizilir. Dağılma diyagramları yardımıyla şu ilişkiler belirlenebilir (Kume, 1989):

- (i) Bir kalite karakteristiği ve ona bir faktörün etkisi.
- (ii) İki kalite karakteristiği arasındaki ilişki.
- (iii) Bir tek kalite karakteristiğini etkileyen iki faktörün ilişkisi.

2.2.6.1. Basit Lineer Regresyon ve Korelasyon

Bu iki önemli kavramın kuramsal açıklanması doğadan seçilecek bir örnekleme ile yapılabilir (Milton ve Arnold, 1995):

Regresyonun Tanımı : Bir okyanusun belli bir kısmında suyun sıcaklığını belirlemek amacıyla bir model kurma çalışması yapılması düşünölsün. Doğada suyun sıcaklığı kısmen suyun derinliğine bağlıdır. Bunlar x ve y parametreleri ile gösterölsün:

x : suyun derinliği

y : suyun sıcaklığı kabulö yapıölsün.

Öncelikli amaç; suyun derinliği hakkında istatistiksel sonuç çıkarmak yerine, derinliği önceden bilindiğı varsayılan su sıcaklığının durumunun belirlenmesidir. Suyun derinliğinin sabit tutulması durumunda dahi suyun sıcaklığı hala değışebilir. Örneğün; $x = 300$ metre derinliğinde çeşitli yerlerde sıcaklık ölçömleri alınmışsa, bu ölçömler değör olarak değışecektir. Bu nedenle verilmiş x için (y/x) şeklinde gösterölebilen koşullu rastgele bir değışkenle çalışıldığı anlaşılmaktadır. Açıkça, okyanus suyunun ortalama sıcaklığı kısmen suyun derinliğine bağlıdır. Yani $x = 300$ metredeki sıcaklığün, $x = 1500$ metredeki sıcaklıkla aynı olmasını beklenemez. Bu koşullu rastgele değışkenin ortalaması olan (my/x) 'i x ' in fonksiyonu olarak kabul etmek uygundur. Bu fonksiyonun grafiğıne, x üzerinde y 'nin '**regresyon eğrisi**' denir. X 'in değeri önceden biliniyor kabul edildiğünden ve y tarafından alınan değörler kısmen x 'in özel değörüne bağlı olduğundan y ' ye '**bağımlı değışken**' (response variable) denir. X değışkeninin değeri (y/x) ' i tahmin etmek için kullanıldığından x 'e de '**bağımsız değışken**' (predictor variable) denir. Basit doğrusal regresyon denklemi;

$$Y = \alpha + \beta X$$

şeklinde gösterilir.

(14)

Denklemde yer alan iki parametreden (α) , regresyon doğrusunun Y ekseninin kesim noktasının orjine olan mesafesini, (β) ise regresyon doğrusunun eğimini ve aynı zamanda X ' de meydana gelebilecek bir birim değışmenin Y 'de ne kadar değışiklik meydana getirebileceğini belirtir (Akdeniz, 1996).

Denklemden yer alan parametrelerin hesaplanma formülleri şunlardır (Karagöz, 1995):

$$\beta = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sum X_i^2 - \bar{X} \sum X_i} = \frac{\sum X_i Y_i - n \bar{X} \bar{Y}}{\sum X_i^2 - n \bar{X}^2} \quad \text{ve} \quad \alpha = \bar{Y} - \beta \bar{X} \quad (15)$$

Korelasyon : Regresyon analizinde amaç y rastgele değişkeninin ortalama değerini x değişkeninin bir lineer fonksiyonu olarak ifade etmektir. Korelasyon analizi yardımıyla, x ve y' nin her ikisi de rastgele değişken olmak üzere, y' nin kendisi ve x ile arasında var olan ilişkinin güçlülüğünün ölçüsü belirlenebilir (Milton ve Arnold, 1995).

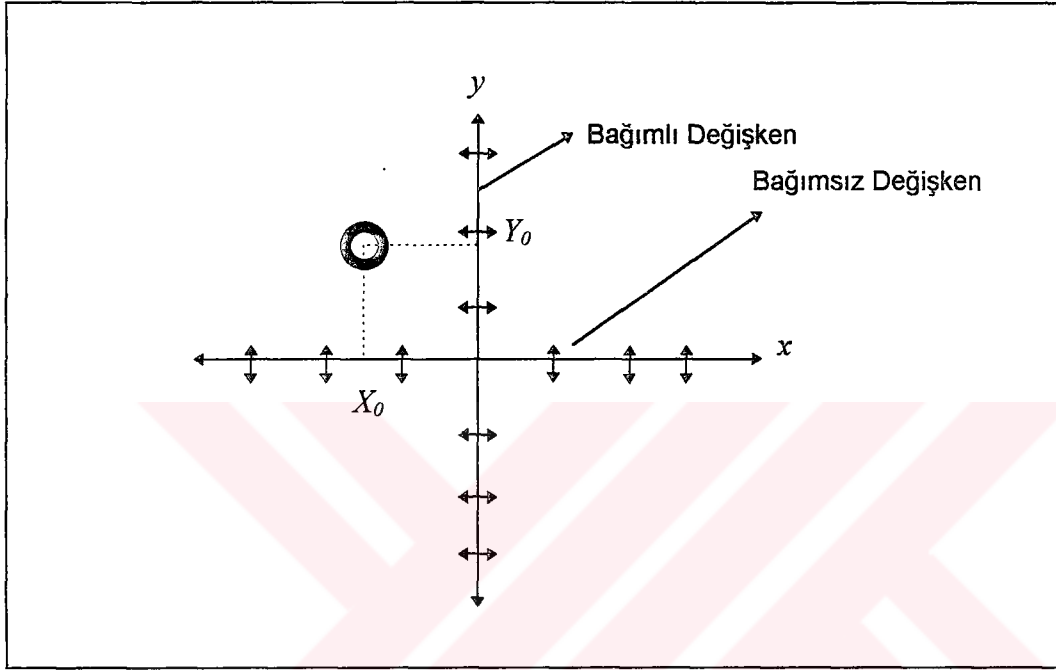
İki değişken arasındaki ilişkinin yönünü ve şiddetini matematiksel olarak açıklayan ifade korelasyon katsayısıdır. (r) ile gösterilen bu katsayı -1 ile +1 aralığında değerler alır. (r = 1) durumunda değişkenler arasında çok kuvvetli aynı yönde bir ilişki, (r = -1) durumunda ise değişkenler arasında çok kuvvetli ters yönde bir ilişki olduğu anlaşılır. (r = 0) durumunda ise değişkenler arasında hiçbir ilişki yoktur. Korelasyonun '0' olması her zaman bağımsızlığı göstermez. Bunu doğrulamak önemlidir; bağımsızlık '0' korelasyona önderlik eder, fakat korelasyonun '0' olması bağımsızlığı gerektirmez (Harutunyan, 1992).

Korelasyon katsayısının hesaplanmasında en çok kullanılan yöntem ortalamadan farklar yöntemidir. Aşağıdaki formül bu katsayıyı bulmaya yöneliktir (Saraçoğlu ve Çevik, 1995):

$$(r) = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) (Y_i - \bar{Y})}{\sqrt{(\sum (X_i - \bar{X})^2) (\sum (Y_i - \bar{Y})^2)}} \quad (16)$$

2.2.6.2. Dağılma Diyagramının Hazırlanması

Aralarında ilişki bulunan proses karakteristiklerinden bir tanesi kontrol altına alındığında ikincisi de kontrol altına alınabilecektir. Şekil 2.5’ te bir serpilme diyagramının genel şekli verilmektedir (DeVor, 1992):

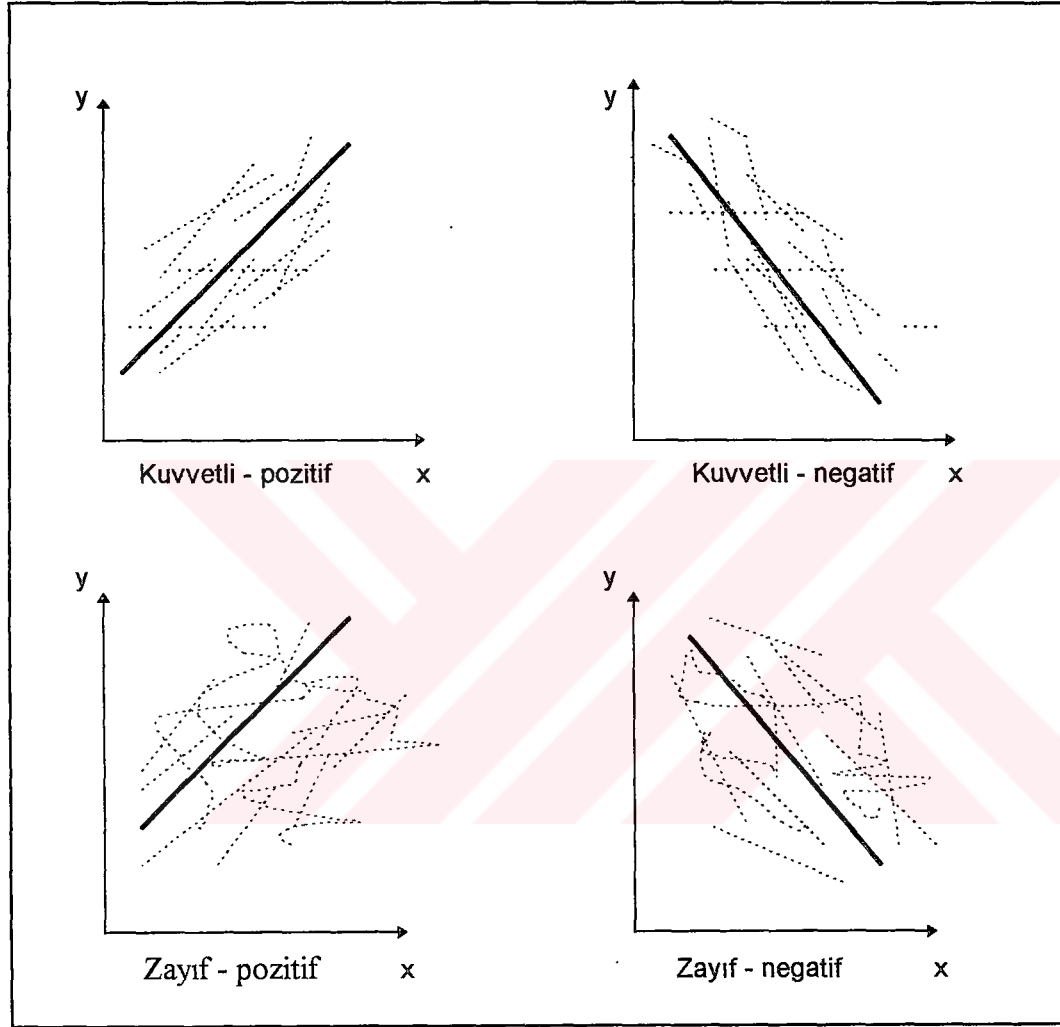


Şekil 2.5. Bir Serpilme Diyagramının Genel Şekli (DeVor, 1992)

Korelelatif ilişkinin arandığı bir diyagramda ilişkiyi iyi belirleyebilmek için en az 30 çift veri kullanılmalıdır (Kume, 1989). Tipik bir dağılma diyagramı hazırlanırken aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir (Akın, 1996):

- (i) Bir kontrol tablosu (çetele) hazırlanır.
- (ii) Toplanan veriler tabloya işaretlenir.
- (iii) Grafik çizilir. Dikey eksen sonucu, yatay eksen ise nedeni gösterir.
- (iv) Kontrol tablosundaki veriler grafik üzerinde bir nokta ile belirlenir.
- (v) İşaretlenmiş noktaları ortalayan bir doğru çizilir.
- (vi) Bilgi kartı kullanılarak mevcut durum kalite kaydı olarak muhafaza edilir.

Şekil 2.6' da, verilerin yoğunluklarına ve yönelimlerine göre oluşturulmuş serpilme diyagramı çeşitleri belirtilmiştir (Akın, 1996):



Şekil 2.6. Serpilme Diyagramlarının Çeşitleri (Akın,1996)

2.2.7. Kontrol Şemaları (Kartları)

Prosesin zaman içindeki gelişimini izlemek, değerlendirmek ve yönlendirmek için **dinamik** bir süreç kontrol yöntemi gerekir. Sürecin matematiksel - istatistiksel yöntemlerle kontrolü için 1924 yılında Dr. W.A. Shewhart tarafından '**Shewhart**

Grafiği' diye anılan şemalar geliştirilmiştir. Kontrol şemaları, bir prosesin durumunun yeterliliğini gözlemek ve proseste bir değişiklik olduğunda erken uyarı sinyalini almak amacıyla kullanılır (Ishikawa, 1991).

Üretim tasarım aşamasında kalite spesifikasyonları için belirli kurallara göre tolerans limitleri belirlenmektedir. Ağırlık, boyut, şekil, renk, performans gibi spesifikasyonların önceden belirlenen limitler arasında değişme göstermesi normaldir. Bu değişmeler limitleri aştığında nedenleri araştırılmalı ve prosesin tekrar kontrol altına alınabilmesi için düzeltici önlemler alınmalıdır. Bu işlemlerin yapılmasında kullanılan en etkili araç kontrol şemalarıdır.

Kontrol şemalarının en önemli özelliği; bu şemaların bir sorunun varlığını göstermesi, sorun hakkında ipuçları vermesi, ancak sorunun nedenini gösterememesidir. Üretim esnasında tolerans (spesifikasyon) limitlerinin dışına çıkılmasının nedenleri; voltaj düşmesi, malzeme yapısındaki farklılıklar, sıcaklık, rutubet gibi çevre şartlarındaki değişmeler, ölçme hataları, bant titreşimi, toz gibi tamamen tesadüfi nedenlerden olabilir. Ayrıca tezgah, işçi, körlenmiş kesme kalem, hatalı işlem uygulaması, aşınmış kalıp, makina ayarının bozulması gibi özel faktörler de sebep olarak gösterilebilir. Bu özel faktörlerin neden olduğu kalite sorunları çözümlenebilir niteliktedir (Akın, 1996).

2.2.7.1. Kontrol Çizelgelerinin Oluşturulması

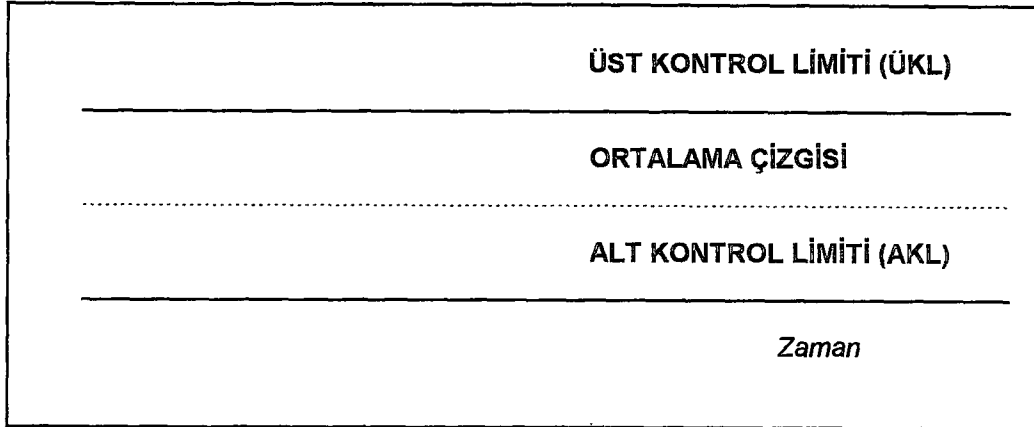
Kontrol çizelgelerinin temel işlemi, mevcut bir prosesin kontrol edilebilirliğinin hangi sınırlar içinde olduğunun araştırılmasıdır. Kontrol çizelgelerinde üç tane çizgi bulunur (Chase, 1992). Bunlar:

ÜKL ile gösterilen üst kontrol limiti (*Upper Control Limit*),

AKL ile gösterilen alt kontrol limiti (*Lower Control Limit*) ve

Ortalama çizgisi (*Center Line*)' dir.

Kontrol limitlerinin dışındaki noktalar tipik özel sebep belirticisidir. Proseste normal olmayan bir şeylerin var olduğunun habercisidirler ve eğer önlem alınmazsa hatalı parça üretilebileceğini ikaz ederler (Şekil 2.7).



Şekil 2.7. Kontrol Kartlarındaki Klavuz Sınırları (DeVor, 1992)

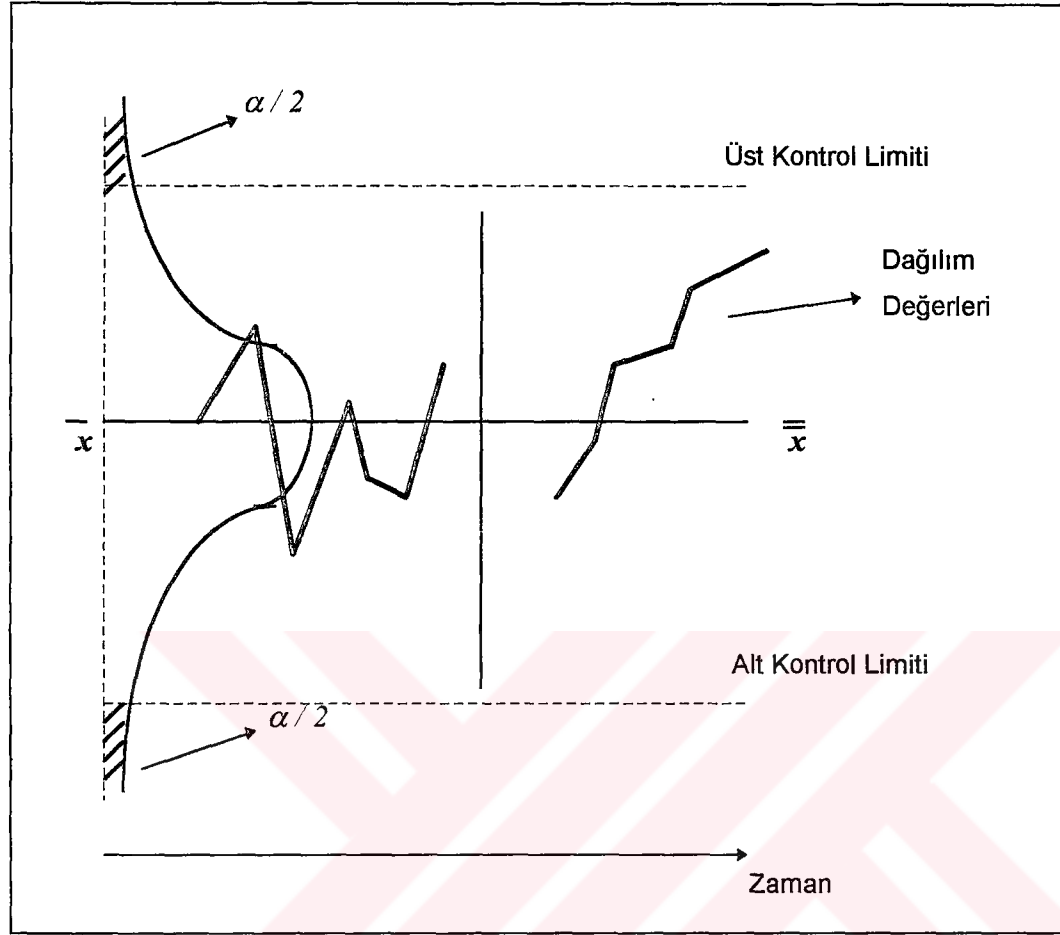
Kontrol şemaları çizilirken takip edilecek yol şöyledir (Akın, 1996):

- (i) İncelenecek olan kalite özelliği tesbit edilir.
- (ii) Örneklemeye yöntemlerinden bir tanesine göre, yeterli sayıda birimden oluşan numuneler alınarak ölçüm değerleri kaydedilir.
- (iii) Kontrol şeması tipi belirlenir.
- (iv) Kontrol limitleri (üst ve alt) hesaplanır.
- (v) Üst ve alt limitlerin doğruluğu ve yeterliliği belirlendikten sonra ölçeklendirme yapılır ve zamana bağımlı üretimle ilgili noktalar işaretlenerek kontrol grafikleri çizilir.
- (vi) Kontrol şemalarında limitler dışında kalan noktalar belirlenerek, sebepleri araştırılarak, düzeltici önlemler alınır.

İyi hazırlanmış bir kontrol şemasının sağlayacağı yararlar şunlardır (Akın, 1996):

- 1) Operatörün, operasyonun ilerleyişini izlemesi sağlar.
- 2) Operasyonun kalite ve maliyetler açısından sabit ve hatası önceden tesbit edilebilir olmasını sağlar.
- 3) Operasyonun performansı üzerinde aynı dilin konuşulmasını sağlar.
- 4) Özel ve ortak nedenlerin birbirinden ayrılmasını sağlar.

Şekil 2.8’ de görüldüğü gibi kontrol şemalarında hipotez testinin uygulanması, kabul ve red sınırlarının anlaşılmasında kolaylık sağlar (DeVor, 1992).



Şekil 2.8. Shewhart Kontrol Kartlarında Hipotez Testi (DeVor, 1992)

2.2.7.2. Değişkenler İçin Kontrol Kartları

Örnekleminin yapılış şekli ve amaçlanan analiz yöntemine göre hazırlanan kart tiplerinden birincisi, **sürekli değerler** için kullanılan değişken kontrol kartlarıdır. En geniş sınıflamayla şu tipleri sıralanabilir (Kolarik, 1996):

Xbar-R : Ortalama ile değişim genişliği arasındaki ilişkiyi açıklar.

Xbar-S : Ortalama ile standart sapma arasındaki ilişkiyi açıklar.

I-MR : Tek tek yapılan gözlemler ile hareketli genişliğin değişimini belirtir.

Xbar : Grublamanın ortalamadan sapması hakkında bilgi verir.

R : Grublamanın homojenlikten sapması hakkında bilgi verir.

S : Grubun standart sapmasını ifade eden karttır.

Individuals : Tek tek yapılan gözlemleri analiz eden karttır.

Moving Range : Hareketli değişim genişliğini analiz eden karttır.

EWMA : Hareket ortalamalarının eksponansiyel ağırlıklı analizini yapar.

Moving Average : Hareketli ortalamayı ifade eden karttır.

CUSUM : Kümülatif toplamların değişimini belirten karttır.

Teknik istatistik dilinde; *değişken* ile *özellik* deyimleri arasında önemli bir fark vardır. Eğer **çıktı** sayısal bir ifade ile ölçülebiliyorsa değişkenler için kontrol şemalarından sözedilebilir. Değişken değerler için hazırlanan şemaların içinde en fazla kullanılan kart olarak $(\bar{X}-R)$ kartları belirtilebilir (Tate, 1989).

$\bar{X}-R$ Şeması : Proses karakteristikleri ölçülebilen, sayısal olarak ifade edilebilen değişkenlerde kullandığımız kontrol şemalarıdır. Örnek verilirse; ham karo mukavemet değerlerini, seramik kalınlık değerlerini, hammadde ağırlık analizlerini, porozite ve geçirgenlik gibi değerlerin değişimini ve spesifikasyonlarla olan ilişkilerini analiz eden kartlardır. Parametre hesapları şöyle yapılabilir (Çizelge 2.3) (Gümüsoğlu, 1995):

Çizelge 2.3. $(\bar{X}-R)$ Şeması için Limitler ve Hesaplamalar (Gümüsoğlu, 1995)

$Xi = \sum Xij / n \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (n = \text{örnek sayısı})$ $Ri = Xmax - Xmin$		(17)
$\bar{X} = \frac{\sum \bar{X}_i}{k}$	$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{k}$	$R : \text{değişim aralığı}$ (18)
<u>Ortalama için</u> :	$\begin{aligned} \bar{ÜKL} &= \bar{X} - A_2 \bar{R} \\ \bar{AKL} &= \bar{X} + A_2 \bar{R} \end{aligned}$	(19)
<u>Değişim Genişliği</u> :	$\begin{aligned} \bar{ÜKL} &= D_4 \bar{R} \\ \bar{AKL} &= D_3 \bar{R} \end{aligned}$	A_2, D_3, D_4 (tablo sabitleri, Ek-5) (20)

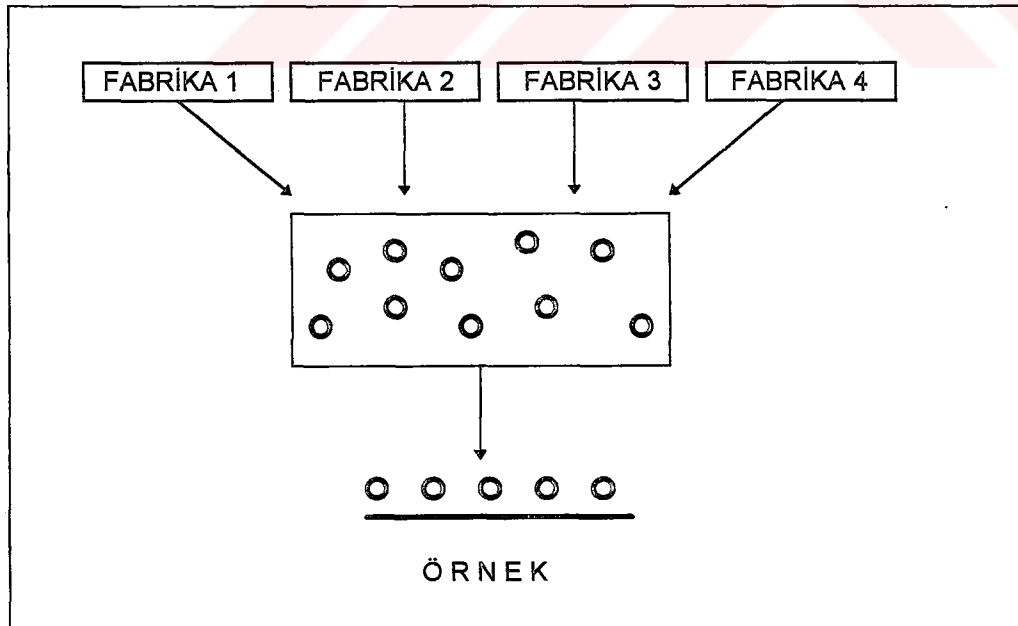
X çizelgesinde noktalar limitler dışına çıktığında, proses kontrol dışına çıkmaktadır. Bunun nedenleri şunlardır (Akın, 1996):

- (i) Kullanılan malzeme değişmiştir.
- (ii) Makinanın ayarı yanlışdır.
- (iii) Kullanılan teknik değişmiştir.
- (iv) Gereksiz veya yanlış operatör müdahalesi söz konusudur.

R çizelgesi ise değişkenlik miktarının göstergesi olup, kontrol şemasındaki noktaların limitler dışına çıkmasının nedenleri şöyle sıralanabilir:

- (i) Tecrübesiz makina operatörü
- (ii) Makinada yetersiz bakım gibi faktörlerdir.

Proseste kontrol limitlerinin dışına çıkan noktalar tesbit edildiği zaman, prosesi kontrol dışına iten nedenler araştırılır. Bu durumda prosesi durdurmak, hatalı ürünleri ayırmak veya ilgilileri durumdan haberdar ederek düzeltici ve önleyici önlemler almak gibi tedbirler düşünülebilir. $(\bar{X}-R)$ kartlarında örneklem hazırlama süreci de büyük önem taşır. Şekil 2.9 ' da değişik fabrikalardan elde edilen numuneler karıştırılmakta ve örneklem oluşturulmaktadır (DeVor, 1992).



Şekil 2.9. Karıştırma Sonucu Örnekleme (DeVor, 1992)

2.2.7.3. Nitelikler için Kontrol Kartları

Ölçülemeyen özellikler için oluşturulan bu şemalar, kusurlu ve kusur analizinde çokça kullanılırlar. Genellikle analiz, hatalı parça adedi ya da bir parçadaki hata adetleri sayılarak yapılır. Niteliksel kontrol kartlarında kullanılan iki temel kavramın tanımları yapılmıştır (DeVor, 1992):

Kusur : Bir maddenin yada ürünün hatalı veya spesifikasyonlara uymaması durumudur.

Kusurlu : Bir ürünün bir veya birden fazla kusur içermesi durumunda aldığı isimdir.

Niteliksel kontrol kart tipleri şunlardır (Kolarik, 1996):

P Şeması : Kusurlu oranının bulunmasını sağlayan kartlardır. Örneğin, belirli örnek hacimlerindeki seramiklerin içinde kusurlular sayılıp kaydedilirse, **kusurlu parça oranlarının değişimi** incelenebilir. İşlem süreci belirtilmiştir (Kume, 1989):

$$\text{Kusurlu Parça Oranı} = \text{Kusurlu Seramik Sayısı} / \text{Örnek Hacmi} \quad (21)$$

K.P.O. bulunduktan sonra ($\bar{p}$) merkez hattı araştırılmalıdır;

$$\bar{p} = \text{Örnek Hacmi Toplamı} / \text{Toplam Ölçü Süresi} \quad (22)$$

Alt ve üst kontrol limitleri aşağıdaki formüller yardımıyla bulunur.

$\bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	$\bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$	(23)
<u>ALT KONTROL LİMİTİ</u>	<u>ÜST KONTROL LİMİTİ</u>	

NP Şeması : Kusurlu sayısının bulunmasını sağlayan kartlardır. Bu şemanın dizaynında izlenen sıra p şemasıyla benzerlikler göstermektedir.

Öncelikle belirlenecek iki parametre ' σ ' ve ' p ' dir. NP merkez hattının değeri örnek sayısının hesaplanan $\bar{p}$ değeri ile çarpılması sonucu bulunur (DeVor, 1992).

$$\begin{aligned} \bar{p} &= \text{Kusurlu Sayısı} / \text{Toplam Örnek Büyüklüğü} \\ np &= \text{Örnek Büyüklüğü} * p \end{aligned} \quad (24)$$

$$\text{Varyans} = np(1-p) \quad \text{bu değerın karekökü standart sapmadır.} \quad (25)$$

Elde edilen bu değerlere göre alt ve üst kontrol limitleri hesaplanabilir:

$\bar{np} - 3\sigma$	$\bar{np} + 3\sigma$
<u>ALT KONTROL LİMİTİ</u>	<u>ÜST KONTROL LİMİTİ</u>

(26)

U Şeması : Bu kartlar yardımıyla birim başına kusur sayısı bulunabilmektedir. Daha sonraki aşama alt ve üst sınırı tesbit etmektir. Aşağıda hesaplama süreci belirtilmiştir (Montgomery, 1986):

$$\begin{aligned} \bar{U} &: \text{Birim başına kusur sayısı olmak üzere,} \\ U_i &= \text{Bir alt gruptaki tüm biriml. top.kusur say.}(Ci) / \text{Her alt gruptaki birim sayısı } (ni) \end{aligned} \quad (27)$$

$$U = \Sigma Ci / \Sigma ni \quad \text{merkez çizgisi bulunur.} \quad (28)$$

Alt ve üst limit değerleri şu formüller yardımıyla bulunabilir:

$\bar{U} - 3\sqrt{(u/n_i)}$	$\bar{U} + 3\sqrt{(u/n_i)}$
<u>ALT KONTROL LİMİTİ</u>	<u>ÜST KONTROL LİMİTİ</u>

(29)

Bir (u) çizelgesini (n) ve (np) çizelgelerinden ayıran en önemli farklılık, kusur sayısının ölçülen parça sayısından büyük olabilmesidir. Bu çizelgeler genellikle örnek genişliğinin sabit olmadığı durumlarda, bir birim başına düşen kusur sayısındaki değişimleri incelemek için kullanılır (Akın, 1996).

C şeması : Bir prosesin incelenen kısmındaki **kusur sayısı** bu kart yardımıyla bulunur. Bir seramik üzerine uygulanan boyama, sırlama gibi işlemlerin yolaçtığı hatalar (C) kartları yardımıyla araştırılabilir. Oldukça basit uygulama formu olan bu şemaların oluşturulma prosesi şöyledir (Montgomery, 1986):

$$\bar{C} = \text{Toplam Hata Sayısı} / \text{Toplam Örnek Sayısı} \quad (30)$$

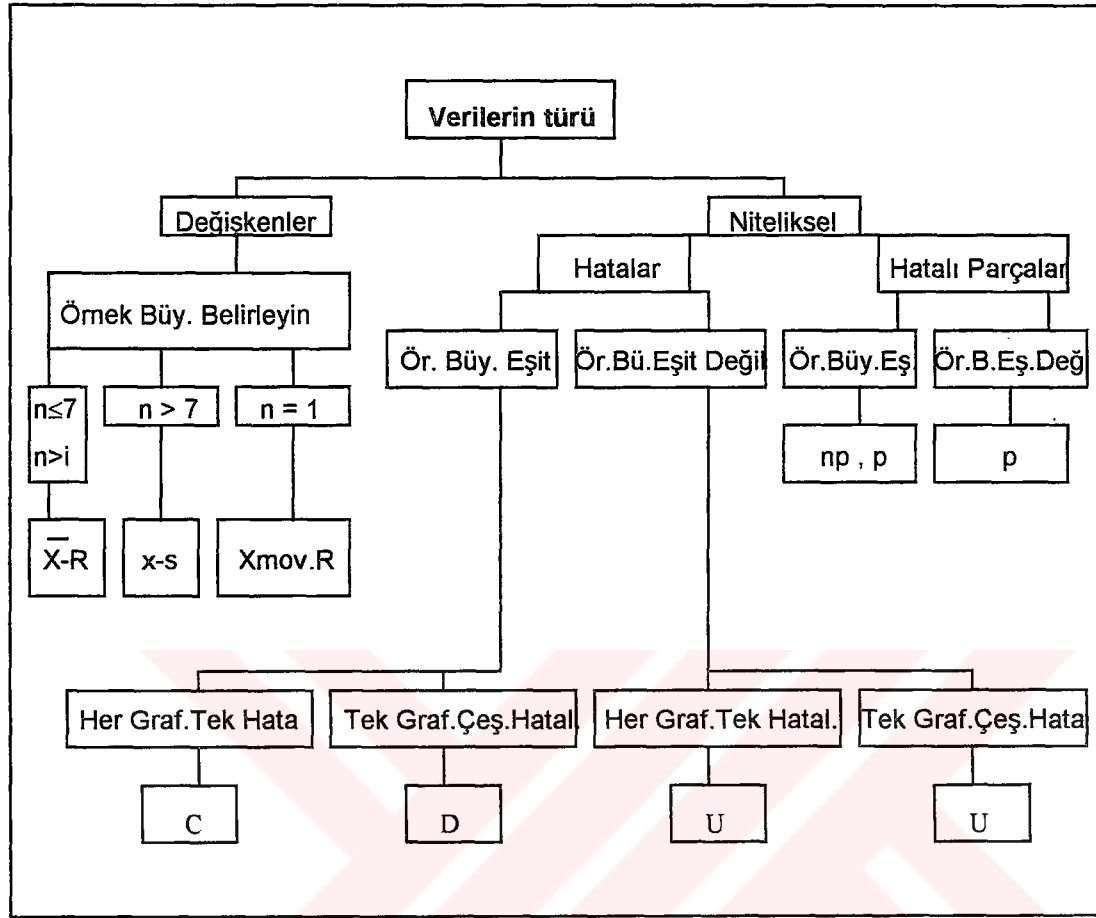
ifadesi yardımıyla kontrol limitleri aşağıdaki formüller kullanılarak bulunur.

$\bar{C} - 3 \sqrt{C}$	$\bar{C} + 3 \sqrt{C}$	(31)
<u>ALT KONTROL LİMİTİ</u>	<u>ÜST KONTROL LİMİTİ</u>	

C çizelgeleri, 100 seramik örneği ya da 500 kg kil gibi örnek genişliğinin sabitlendiği durumlarda kullanılır (Ishikawa, 1991). Aynı zamanda *manuel karo kalite sınıflama işlemi yapan bir personelin* hesaplama hatalarını izlemek için de bir seramik fabrikasında kullanılabilecektir.

2.2.7.4. Kontrol Grafiklerinin Seçimi

Kullanılacak kontrol grafiğin cinsi, toplanacak verilerin cinsi ile ilişkilidir. Şekil 2.10' da ifade edilen veri özelliklerinin değişken veya niteliksel olmasına göre uygun kart seçilerek analiz yapılabilir (Akın, 1996). **Alt kontrol limitinin 0' dan küçük olması durumunda kontrol limiti uygulaması yapılmaz.** P ve NP şemalarında, noktaların alt kontrol limitinin altında olması istenen durumdur. Üst kontrol limitinin üstünde olması ise istenmez (Kume, 1989).



Şekil 2.10. Veri Türlerine Göre Uygun Kontrol Grafikleri (Akın, 1996)

2.2.8. Proses Yeterlilik Analizi ve Tolerans

Bir ürün veya hizmeti üretmek için gerek duyulan aşamaların tümü **proses** olarak tanımlanmaktadır. Proses yeteneği ise **bir prosesin sağlayabileceği en az kalite değişkenliği** olarak tanımlanabilir. Proses yeteneği; insan, makina, materyal, yöntem ve çevre faktörlerine bağımlı olup bu faktörlerin değişiminden etkilenmektedir (Akın, 1996).

Proses yeterliliğini ölçmede ilk adım prosesi tanımlamaktır. İkinci adım ise spesifikasyonların tanımlanmasıdır. Spesifikasyonlar, proses çıktısını ölçmeye olanak sağlayacak şekilde tanımlanmalıdır. Hangi verilerle çalışılacağı belirlenmeli ve eğer mümkünse değişen verilerle çalışılmalıdır. Bu seçimin sebebi değişken verilerle

yapılan proses yetenek analizinin niteliksel verilerle yapılandan daha iyi sonuç vermesidir.

Proses yeteneği, proses çıktılarının önemli bazı parametrelerini (çap, oran, mukavemet vb gibi) ölçmeye yönelik olarak yapılır (TSE, 1995). Proses yeterliliği aşağıdaki şartlar sağlanarak artırılabilir:

- (i) Varyasyonu yaratan özel nedenlerin tümünü ortadan kaldırarak.
- (ii) Proses ortalamasını hedeflenen değere mümkün olduğunca yaklaştırarak.
- (iii) Varyasyonu yaratan yaygın nedenleri azaltarak,

Prensip olarak %100 iyi kalite elde etmenin tek yolu ürünü %100 denetimden geçirmektir. Ancak %100 denetim yapıldığında iki problem ortaya çıkar: Bu problemlerden biri maliyet artışıdır. Denetim maliyeti zaman zaman üretim maliyetini aşabilmektedir. Ayrıca %100 kontrol manuel olarak yapıldığında kontrol işlemine ait hata payı mevcuttur. Hata payının kaynakları; ölçüm işleminin doğasından kaynaklanan hatalar ve yorgunluk, hastalık gibi insan faktöründen oluşan operatör hatalarıdır. Böylece manuel yöntemlerle yapılan %100 denetleme, %100 iyi kalitede ürünü garantilememektedir (Erçil, 1998).

2.2.8.1. Proses Yetenek İndisleri

Normal dağılımlar için proses yeteneğinin belirlenmesinde C_p ve C_{pk} olarak isimlendirilen proses yetenek indislerinden yararlanılır. Bunlardan C_p indeksi prosesin sadece yayılımını kontrol ederken, C_{pk} indeksi ise prosesin hem yayılımını, hem de ortalamasının hedeflerden sapmasını kontrol etmektedir. C_{pk} indeksinin bu kontrolü yapılabilmesi için çift taraflı olarak yapılması gerekmektedir. Prosesin ne kadar hurda üretme imkanının olduğu da bu indeks yardımıyla bulunur. ' C_p ' değeri, resim spesifikasyon aralığı denilen toplam tolerans bölgesi ile normal dağılım aralığı denilen 6σ değerinin oranıdır (Kolarik, 1996).

$$C_p = \frac{\Sigma \text{ TOLERANS } (T)}{6 \sigma}$$

Proses merkezlemesi C_{pk} ise; (32)

$$C_{pk} = \frac{\bar{x} - ASL}{3 \sigma} \text{ ya da } \frac{\bar{USL} - \bar{x}}{3 \sigma}$$

ikilisinden küçük olanıdır. (33)

$$\sigma = R / d_2 \quad (34)$$

Proses yeteneği sayısal olarak spesifikasyon limitleri ve dağılım arasındaki ilişkiyi ifade eder. Prosesin normal olasılık dağılımını izleyen bir sonuç verdiği ve kontrol altında olduğu varsayıldığında, üretilen parçaların %99,7'si proses yeteneği karşılığı olan alan içinde yer alacaktır (Akın, 1996). C_p ve C_{pk} indeksleri proses yeteneğinin uygunluğunun sayısal olarak değerlendirilmesidir. Prosesin değişiminin spesifikasyon limitleri içinde olup olmadığını belirlememize yardımcı olur. Proses yeteneğinin sayısal ifadesi olan bu indekslerin değişik değer aralıklarında farklı yorumları vardır (Özeki ve Tetsuichi, 1990).

C_p ve $C_{pk} > 1,33$ ise yeterli prosestir. Proses tamamen spesifikasyonları karşılayabilecek yetenektedir.

$1,33 \geq C_p$ ve $C_{pk} > 1,0$ ise proses kabul edilir. Ancak bu proses, spesifikasyonları karşılamada zorluk çekmektedir. Bu nedenle proses kontrolü devam etmelidir.

C_p ve $C_{pk} \leq 1$ ise proses yetersizdir. Prosesi geliştirmek için yaygın çaba gösterilmelidir.

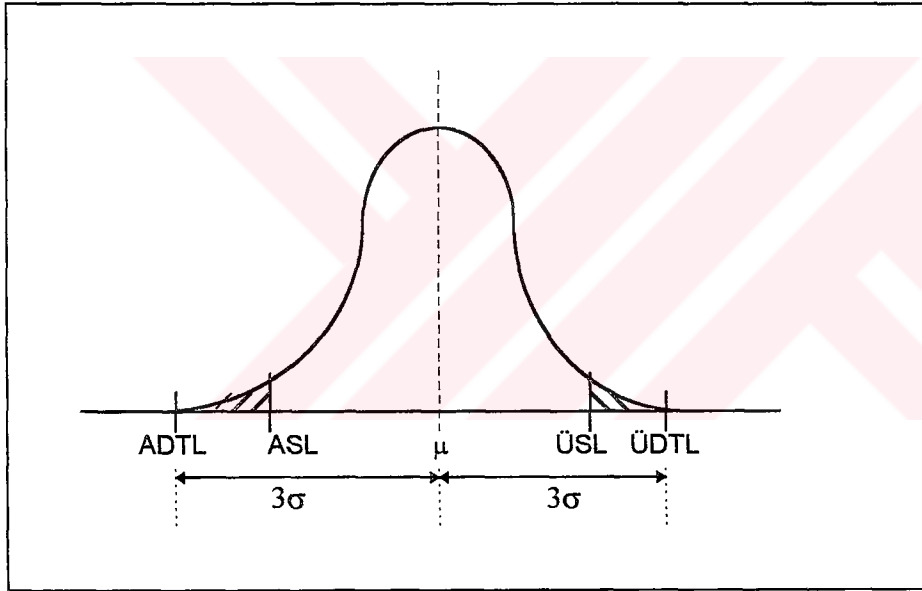
Proses yeterlilik analizlerinde kontrol şemaları kullanılarak proses denetlenirken, kullanıcı iki tip hata ile karşılaşır.

1. Tip Hata : Proses gerçekten kontrol altında iken, kontrol dışında olduğuna karar vermek. Bu durumda '**neden**' araştırması önemli maliyet ve zaman kaybı yaratır.

2. Tip Hata : Proses gerçekten kontrol dışında iken kontrol altında olduğuna karar vermek. Bu durumda ortaya çıkan hatalı ürünler önemli maliyet yükü getirir.

2.2.8.2. Tolerans

Tolerans, bir imalat prosesinin hangi sınırlara kadar değişim gösterebileceğini belirleyen aralık değeridir. Proses kontrol altında tutulduğunda (6σ) değeri yaygın olarak kullanılır. ($+3\sigma$) ve (-3σ) açıklıklarına ‘doğal toleranslar’ adı verilir. Alt doğal tolerans limiti (ADTL) ve üst doğal tolerans limiti (ÜDTL)’nin normal dağılım eğrisi üzerinde spesifikasyon limitleriyle ilişkileri gözlenebilir (Şekil 2.11) (Montgomery, 1986).



Şekil 2.11. ($\pm 3\sigma$) Değerine Göre Kontrol Limitlerinin Değişimi (Montgomery, 1986)

2.2.9. İstatistiksel Proses Kontrol Proje Akış Şeması

Uygulama alanı olarak ele alınan prosesin seçiminden geliştirilmesine kadar yapılan tüm müdahaleler belirli bir ilişki içinde ilerler. Bu sürecin değişik noktalarında karşılaşılan hatalara ilişkin değerlendirmeler ve giderici önlemler bir akışın parçalarıdır. Şekil 2.12’ de bir işletmede istatistiksel proses kontrolün basamakları ifade edilmiştir (Akın, 1996):

2.2.10. Bazı Yeni Teknikler

Daha çok kavramlar arasında ilişki kurarak sistematik olarak sonuca gidilen bu yöntemler, çok kuvvetli planlama döngüsü içinde planlama süresini en aza indirmede yararlı olmaktadır (Bossert 1991). Başlıca yeni 7 teknik şunlardır:

1) Benzerlik Diyagramı : Bu diyagramlar araç (düşünce, yayın) gibi konuyla ilgili literatür verilerini toplar ve aralarındaki doğal ilişkiyi, bağıntıya dayanarak gruplara bölüp organize eder. Mantıksal bir işlemten daha çok yaratıcı bir işlemdir.

2) İlişki Diyagramı : Bu teknik; istenen sonuçla ilgili kompleks çok değişkenli problemleri ele alarak, bunları çözer ve birbirleriyle bağıntılı tüm faktörleri gösterir. Yöntem, faktörler arasındaki mantıksal (daha çok nedensel) bağıntıları ve ilişkileri grafik olarak gösterir.

3) Ağaç Diyagramı (Sistem Akış Diyagramı) : Belirlenen amaçlara ulaşmak için yapılması gereken her görevi ve yöntemi sistematik olarak belirlemeye yarayan yatay organizasyon tablosuna benzer tablolardır.

4) Matris Diyagramı : Bu diyagram (genellikle ağaç diyagramından) gerekleri görevleri alır ve bunların kişiler / fonksiyonlar veya diğer görevlerle olan ilişkilerini grafiksel olarak gösterir. Genellikle bir planın uygulanmasında değişik kısımlardan sorumlu kişilerin belirlenmesinde kullanılır.

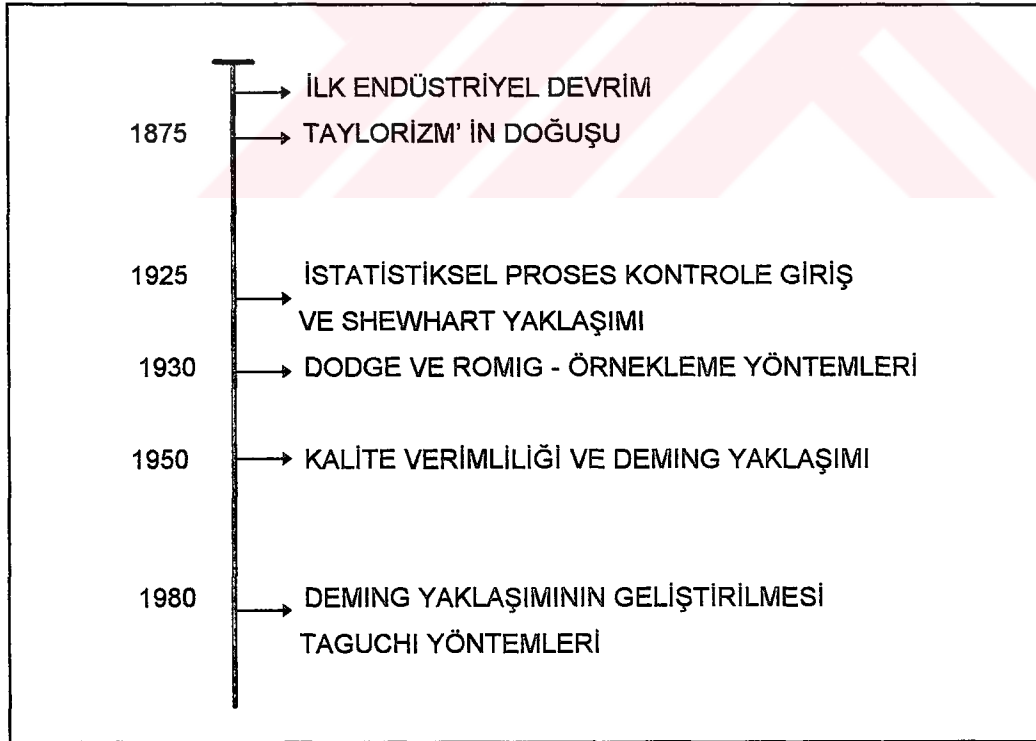
5) Matris Veri Analizi : Yeni tekniklerin içerisinde istatistiksel olarak en karmaşık olanıdır. Grafiği, istatistiksel olarak belirlenmiş olan değişkenler arasındaki ilişkinin kuvvetini gösterir. Pazarlamada ve ürün araştırmasında sıkça kullanılır.

6) İşlem Karar Program Çizelgesi : Bu çizelge, bir problem safhasından çözüme doğru geçilirken ortaya çıkan durumlar ile kavranabilen her olayı ayrıntılarıyla ortaya koyar. Pek bilinmeyen bir problem veya amaç ile karşılaşıldığında yapılması gereken her bir olay zincirini planlamada kullanılır.

7) Ok Diyagramı : Bu diyagramlar, belirlenen herhangi bir görevin en uygun şekilde planlanmasını ve ilerleme safhasında etkili kontrol edilmesini sağlar.

3. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**3.1. Kalite Dizayn ve Kontrolünün Evrimi**

Batı'da Endüstri Devrimi ile beraber pek çok konuda olduğu gibi kalite konusunda da önemli gelişmeler oldu. Gereksinimler, yeni yaklaşımlar oluşturma gereğini beraberinde getirdi. Bu yıllarda üretim sistemlerindeki büyüklük ve nitelik değişimleri, mal ve hizmetlerin yapısı ve bunlara gereksinim duyan kitlelerin yaşam düzeyindeki farklılaşmalar, I. ve II. Dünya Paylaşım Savaşları'nın etkileri, teknoloji ve ulaşımda sağlanan olağanüstü başarılar ve benzeri birçok faktör, kalitede ustalığın ötesinde kavram ve yöntemlerin ortaya çıkmasını zorunlu kılmıştır (Kobu, 1981). Modern kalite kontrol yada şimdiki adıyla İstatistiksel Kalite Kontrol (İKK) 1930' larda Bell laboratuvarlarında Dr. W. A. Shewhart' ın buluşu olan kontrol çizelgelerinin endüstriyel kullanıma girmesiyle başlamıştır (Ishikawa, 1991). Şekil 3.1' de tarihsel gelişim ifade edilmiştir (DeVor, 1992):



Şekil 3.1. Kalite Kontrolünün Evrimi (DeVor, 1992)

3.1.1. Shewhart ve Taylor Yaklaşımları

Bir işlem süreci (proses) ürün kalitesinin araştırma evrimi ünlü fizikçi Shewhart ile başlatılabilir. 1920' li yılların sonlarında Bell Laboratuvarları' ndaki çalışmalarına başlayan Shewhart, kalite geliştirme amacını ilk kez sistematize etmiştir . Bu girişim Taguchi Yöntemleri ile zirveye çıkan bilim dalının matematiksel başlangıcıdır. Shewhart 1931 yılında yayınlanan '**İmal Edilen Ürünlerin Ekonomik Kontrolü**' isimli kitabında kalite maliyetlerinin düşürülmesi konusunda yararlanılabilecek kart sistemlerini tanıtmıştır (DeVor, 1992).

Shewhart' ın öncüsü F. W. Taylor ise bundan yaklaşık 100 yıl önce istatistiksel kalite analizlerinin çıkış noktasını oluşturan **bilimsel yönetim** kavramını tanımlamıştır. '**Taylorizm**' olarak adlandırılan ekonomik düşünce sistemini kuran F. W. Taylor, özellikle **toptan üretim** yaklaşımı üzerine çeşitli modellemeler yapmıştır (Kolarik, 1996).

3.1.2. Dodge ve Deming Yaklaşımları

1930' lu yıllarda yapılan çalışmalar sonucunda, patlamayan torpil ve bombalara ve ateş almayan mermiler için %100 muayene yönteminin çözüm getiremediği görülmüştür. H. F. Dodge ve H. G. Romig tarafından geliştirilen numune alma çizelgeleri, %100 kontrol zorunluluğunu ortadan kaldırarak numune alma istatistiğini basite indirgemeyi başarmıştır (Ishikawa, 1991).

1950' li yıllarda ise Taylor ve Shewhart' ın ürettiklerinin üzerinden hareketle, W. E. Deming tarafından istatistiksel kontrol modelleri geliştirilmiştir. Özellikle verimliliğin artırılabilmesi üzerinde yoğunlaşan Deming, üst yönetime sorumluluklar ve zorunluluklar yükleyerek bir **merkez yaklaşımı** geliştirmiştir. Tecrübelerini çeşitli seminerler aracılığıyla Japonya' da da aktaran bilim adamı **kalite verimliliği** kavramının yaratıcısı sayılabilir (DeVor, 1992).

3.1.3. Kalite Dizaynının Son Durumu ve Taguchi Yaklaşımı

Bir prosesin istatistiksel analizinin mühendislik dizaynıyla yapılması, yakın zamanda Taguchi yaklaşımı ile başlamıştır. Deming yaklaşımının geliştirilmesi ile oluşturulan Taguchi yaklaşımının temel unsurları şunlardır (DeVor, 1992):

- (i) Mühendislik dizayn prosesi,
- (ii) Üretim / Proses performansını etkileyen ilişkili faktörleri belirlenmesi,
- (iii) Sağlam dizayn : parametre dizayn konsepti,
- (iv) Varyasyonun ekonomik etki değerlendirmesinin kayıp fonksiyonu kullanılarak değerlendirilmesi.

Şekil 3.2’ de ifade edilen Taguchi’ nin üç basamaklı dizayn modeli, satıcı gereksinimlerinden üretim dizaynına kadar belirli bir sırayı takip etmektedir.



Şekil 3.2. Üç Basamaklı Dizayn Prosesi (DeVor, 1992)

3.2. İstatistiksel Proses Kontrolün Mevcut Uygulamaları**3.2.1. Otomotiv Sektöründeki Uygulamalar**

Endüstrileşmenin temel göstergelerinden biri olan otomotiv endüstrisinin gelişimi ülkemizde 1950' li yıllardan itibaren başlamaktadır. O yıllarda, bir çok gelişmekte olan ülkede olduğu gibi ülkemizde de gelir ve nüfus artışına paralel olarak yaşanan hızlı kentleşme, şehiriçi ve şehirlerarası ulaşım talebini artırmıştır. Başlangıcı 1950' li yıllara dayanan bu sanayii dalı, 1960 ve 1970' li yıllarda gelişme olanağına kavuşmuştur (Yener, 1995).

Toplam yerli otomotiv sanayii üretimi 1963 yılında 11 112 adet iken, 1992 yılında 344 819 adede yükselmiş, 1993 yılında ise 448 187 adede ulaşmıştır. 1996 yılında otomotiv sanayiine olan talep 500 000 adet olarak tahmin edilmesine rağmen 1996 yılında toplam otomotiv üretimi 310 000 adet olarak gerçekleşmiştir. Otomotiv sektörünü oluşturan belli başlı kollar; Otomobil Sanayii, Otobüs Sanayii, Minibüs-Midibüs Sanayii, Kamyon-Kamyonet Sanayii, Traktör ve Çekici Araç Sanayii olarak sınıflandırılabilir.

Önemli derecede devlet teşviği alan otomotiv sektörünün Yeni Dünya Düzeni içerisinde rekabete dayalı üretim politikasının kaliteli ürün üretmeyi kaçınılmaz kılmasını takiben, bu sektörde de toplam kalite yönetim felsefesi yerleşmeye başlamıştır. Otomotiv sektörünün önde gelen ülkesi Japonya' da uygulanan kalite kontrol yöntemleri *yıllar sonra* Türkiye' de de uygulanmaya başlanmıştır. Bugün otomotiv sektöründe kullanılan toplam kalite kontrol yöntemleri şunlardır (Yener, 1995):

- (i) **Kalite Çemberleri.**
- (ii) **İstatistiksel Proses Kontrol (İPK) :** Üretim prosesinin temel, ileri ve yeni tekniklerle kontrolü, Fmea (potansiyel hata) analizleri.
- (iii) **Diğer Kalite Kontrol Yöntemleri.**

3.2.2. Madencilik Sektöründeki Uygulamalar

Çeşitli gelişmiş ülkelerde özellikle **Demir ve Çelik Endüstrisi ile Cam Sanayii**' nin yanı sıra seri üretim yapılan madencilik işletmelerinde de kalite kontrol yöntemleri sıkça kullanılmaktadır. Madencilik ve metalurji prosesleri, karmaşık prosesler olup bu tip proseslerde genellikle orta ve ileri derecede istatistik teknikler tercih edilmektedir (Akın, 1996).

Örneğin; yol yapımında kullanılacak olan mıcırın ne çok iri ne de toz halinde olması istenir. Kömür ise içindeki yabancı maddelerden ayrılmadığı zaman değersiz sayılmaktadır. İçeriğinde %5' den az Cu bulunan bakır cevheri direkt olarak bakır metali üretiminde kullanılamaz (İpekoğlu, 1994). Aynı şekilde camın hammaddesi olan kuvars kumunun da (0,1-0,5 mm) belirli bir tane iriliğinde olması gereklidir (Bayat, 1993). Bu gibi standartların oluşması Cevher Hazırlama tekniklerini kullanarak zenginleştirme yapmayı kaçınılmaz kılmıştır. Bu hazırlama ve zenginleştirme proseslerinden çıkan ürünlerin istenilen spesifikasyonlara uyması kalite maliyetleri açısından büyük önem taşımaktadır.

Türkiye' de bugün başta Anadolu ve Trakya Cam Sanayii (gerek hammadde gerekse üretim bazında ileri düzeyde) olmak üzere pek çok madencilik ağırlıklı tesiste rekabetçi ekonomik gelişme modelinin sonucu olarak **Kalite Güvence (Quality Assurance)** ve **Kalite Kontrol (Quality Control)** sistemi uygulanmaya başlanmıştır. Türkiye ekonomisinde ve ihracatında önemli bir paya sahip, güvence sistemleri konusunda önemli mesafe katetmiş (ISO 9001 gibi) seramik sektöründe de başta matematiksel - istatistiksel teknikler olmak üzere, kalite unsurlarının yerleşmeye başlaması çok olumlu olmuştur.

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A. Ş.' de İPK Faaliyetleri : Şişe-Cam Topluluğu, Atatürk'ün, "**Türkiye' de cam sanayini kurma ve ileri düzeylere ulaştırma direktifiyle**", Türkiye İş Bankası tarafından 1935 yılında kurulmuştur. Yalıköy (Padima)' da ilk kuvars kumu işletme ruhsatının alınmasını takiben ilk cam üretme tesisi kurulmuş ve 1961 yılında, Çayirova Cam Sanayi' nin devreye girmesiyle sürekli büyüme çizgisine ulaşılmıştır (Düren, 1990). Bugün içerisinde cam

hammaddelerinin çeşitli proseslerle hazırlanıp zenginleştirildiği Mersin’de kurulu Camiş Madencilik A.Ş. de olmak üzere önemli bir topluluk haline gelmiştir.

Şişe ve Cam Topluluğu’nda, Kasım 1988’ de, kalite çemberleri uygulamalarına paralel olacak şekilde, istatistiksel proses kontrol çalışmalarına başlanmıştır. Q.C.I. (Quality Circle Institute) uzmanlarından Bob Tate, Aralık 1988 tarihinde, topluluğa bağlı üretim şirketlerinden birer teknik personel ile seminerler vermiş ve çalışmalarını eğitim programı haline getirmiştir. Mart 1989 ortalarında ise, çeşitli fabrikalardaki elemanların eğitim çalışmalarına başlanmıştır. Bu istatistiksel proses kontrol çalışmalarına, müdür, mühendis, ustabaşı, usta, operatör ve işçilerin katılımları sağlanarak basit teknikler öğretilmiştir (Düren, 1990).

Bugün cam fabrikalarına hammaddelerin beslendiği Camiş Madencilik A.Ş. çeşitli ocaklardan çıkarılan cevherlerin karmaşık proseslerle hazırlandığı bir işletme olarak, istatistiksel proses kontrolü için önemli bir madencilik uygulama yeri olmuştur.

4. İPK' NİN SERAMİK FABRİKASINA UYGULANMASI**4.1. İşletme Hakkında Genel Bilgi**

Türkiye’ de seramik sektörünün önemli kuruluşlarından olan Söğüt Seramik A.Ş. 1973 yılında 50 ortağın katılımıyla 1,2 milyon m² seramik üretim kapasiteli bir işletme olarak kurulmuştur. Bugün 11,5 milyon m² yıllık üretim kapasitesiyle Bilecik’in Söğüt ilçesinde üretimine devam etmektedir. Söğüt Seramik Sanayi (SSS) zaman içerisinde, ihracata yönelik bir orta vadeli plan çerçevesinde modernizasyon projesini devreye koyarak bugün, fabrikadaki 618 çalışanıyla, 70 225 m² kapalı alanda hızla gelişmektedir (S.S. Faaliyet Raporu, 1998).

ISO 9001 kalite belgesini alan Söğüt Seramik Sanayi A.Ş. dünyanın önde gelen İtalyan dizayn kuruluşu GAMMA DUE ile Know-How anlaşması yaparak üretiminin %55’ ini Amerika, Almanya, Avusturya, Danimarka, Avustralya, Finlandiya, Fransa, Gambia, Güney Afrika, Hollanda, Hong Kong, İngiltere, İsveç, İtalya, Kanada, Kazakistan, Kıbrıs, Norveç, Rusya, Singapur ve Vietnam gibi ülkelere ihraç etmektedir. Çizelge 4.1’ de yıllık üretim miktarları belirtilmiş olup yıllık ihracatı 20 milyon dolar civarındadır. Kalite konusunda şu dört temel strateji ilke edinilmiştir:

- (i) Çeşit Zenginliği,
- (ii) Müşteri Beklentilerinin Üzerinde Kalite,
- (iii) Çağdaş Motif,
- (iv) Desen ve Renkleri Modaya Uygunluktur.

Çizelge 4.1. Söğüt Seramik A.Ş. Yıllık Üretim Miktarları (S.S.Faaliyet Raporu, 1998)

ÜRÜNÜN CİNSİ	YILLARA GÖRE ÜRETİM MİKTARLARI (Milyon m ²)						
	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
KARO SERAMİK	2,012	2,738	3,455	3,586	3,568	4,829	5,283
KARO FAYANS	3,975	4,397	4,873	5,437	5,428	3,865	4,325
TOPLAM	5,987	7,135	8,328	9,023	8,996	8,694	9,608

4.2. Söğüt Seramik A.Ş. Seramik Üretim Prosesi

Seramik üretiminde kullanılan bazı özel terimlerin tanımları yapılırsa;

Masse : Karonun omurgası olarak kabul edilen Bisküvi'nin sıkışmadan önceki halidir. Bünye olarak da tanımlanabilir. Temel yapısı; kil, kuvars ve feldspattan oluşur.

Sır : Seramik yüzeylerinin dışını kaplayan, çizilmeye, kırılmaya ve kimyasal etkilere karşı bünyenin direncini artıran sert tabakadır.

Firit : Sır üretmek için kullanılan camsı malzemedir.

Tek Pişirim : Özellikle yer karosu üretiminde kullanılan, önemli derecede enerji tasarrufu sağlayan bir tekniktir. **Monoporosa üretim** de denilen bu teknikte, ham karo kurutulduktan sonra direk olarak sırlama hattına gelir. Sır ve dekor işlemlerinden sonra tek pişirime tabi tutulur (Tefek ve Bilgeç, 1997).

Çift Pişirim : Kurutulmuş ham karonun 1250 °C' da pişirildikten sonra kırıkların ayrılması ve sırlamadan sonra 1000 °C' da 2. kez pişirilmesidir (Tefek ve Bilgeç, 1997).

Engob : Kil esaslı geçirgen olan veya olmayan mat yüzeyli kaplamadır (TSE, 1995).

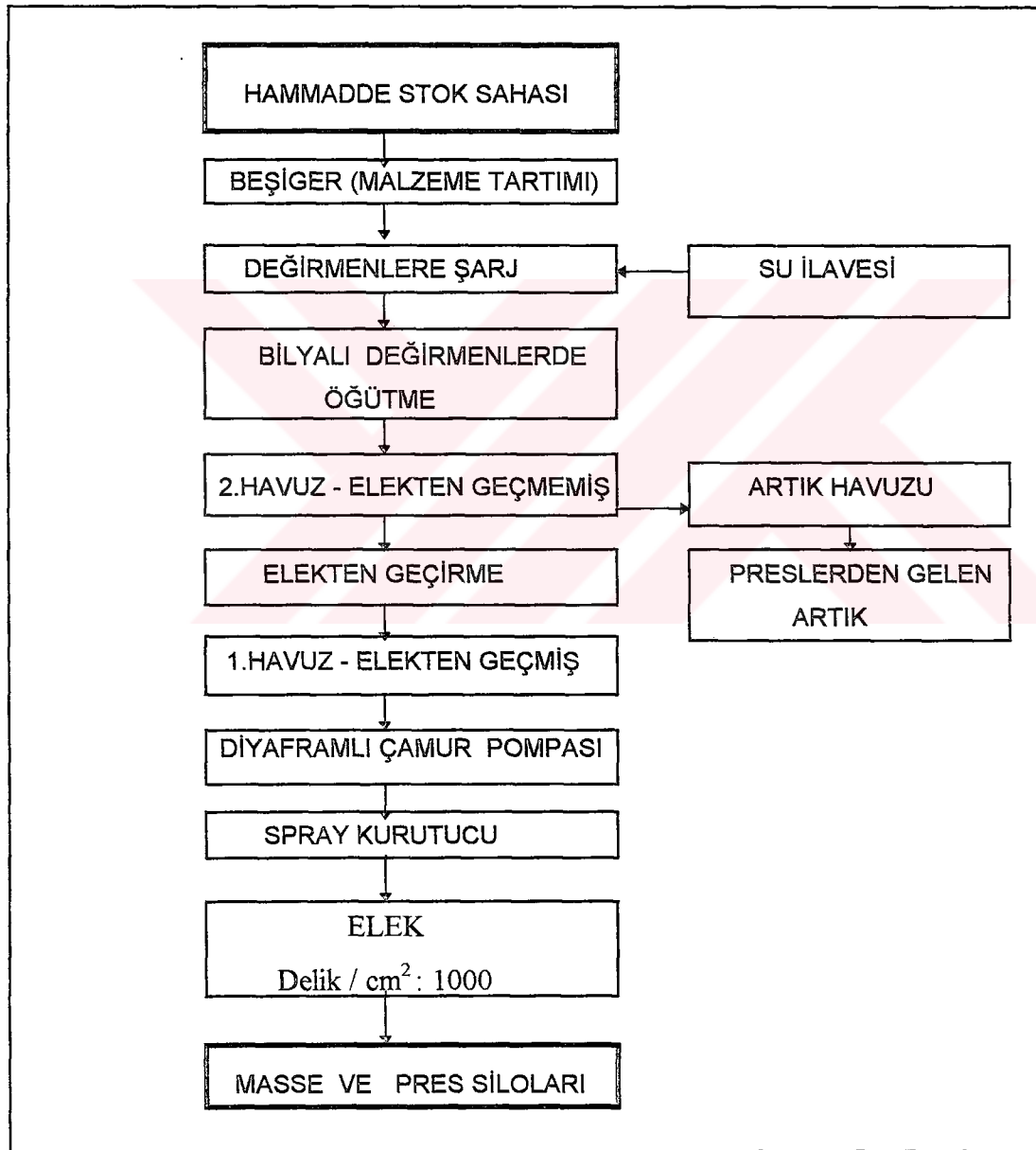
Dekor : Karonun estetik görünümü için seramik boyaları, sır ve medyum (organik ortam) kullanımıyla yapılan bir üst işlemdir.

Söğüt Seramik A.Ş. genel seramik prosesi, hammadde stok sahasından alınan seramik hammaddelerinin, üretimi takiben paketleme makinasından çıkıp stok ambarına gitmesine kadar geçen aşamaları içermektedir. Bu prosesteki kontrol noktalarının yerleri şöyle olabilecektir:

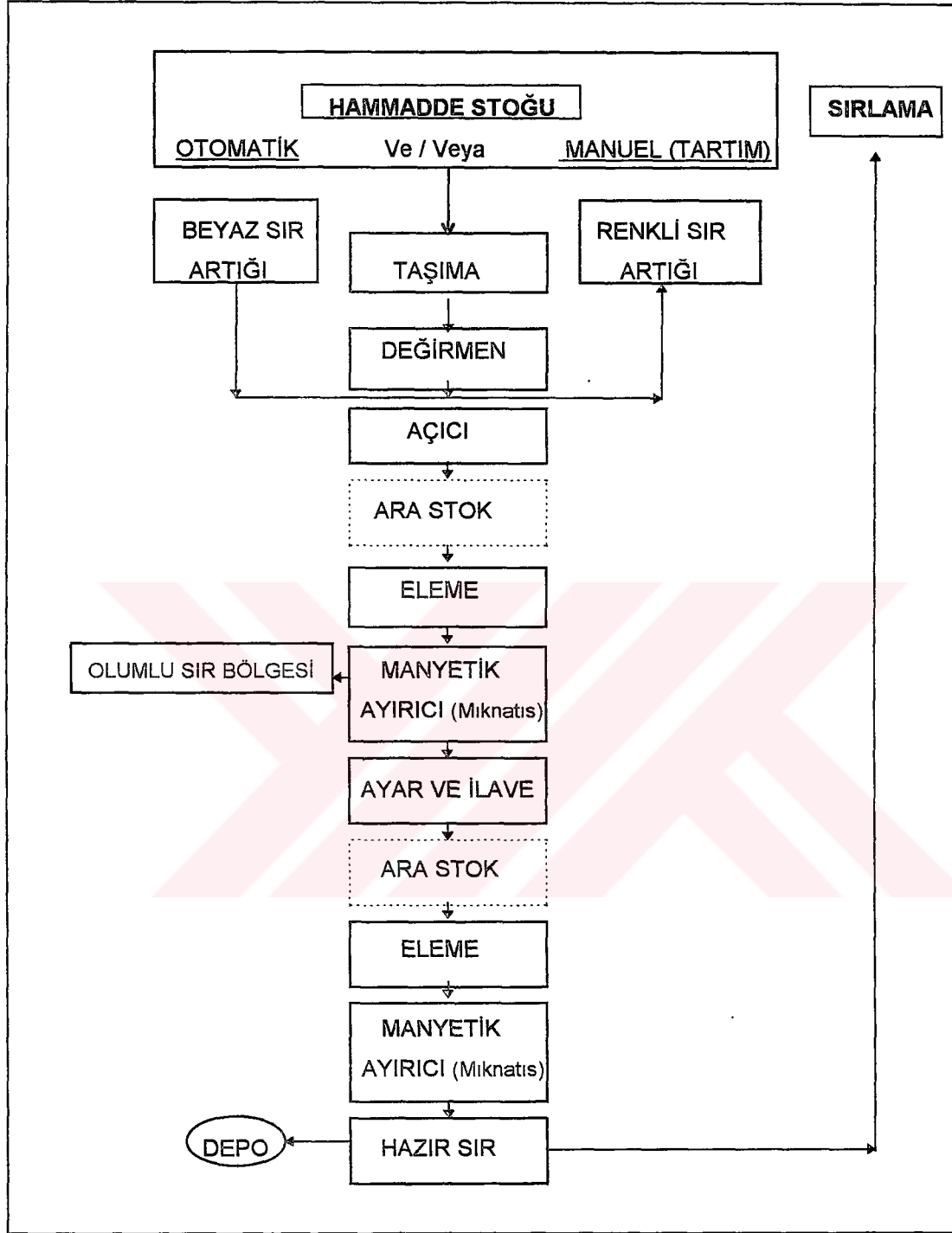
- (i) Hammadde Nem Kontrolü
- (ii) Masse Değirmen Kontrolü (Elek üstü miktarı, yoğunluk, viskozite)
- (iii) Sır Değirmen Kontrolü (Elek üstü miktarı, yoğunluk, viskozite)
- (iv) Masse Havuz Kontrolü
- (v) Sır Havuz Kontrolü
- (vi) Firit Kontrolü (Fırınlarda üretilen şarjlar)
- (vii) Spray - Drier Kontrolü (Nem ve tane irilik dağılımı)

- (viii) Fırın Çıkışı (Çıkan malzemenin ebat, mukavemet, porozite ölçümleri)
- (ix) Kimyasallara Dayanıklılık, Aşınma ve Yüzey Sertliği, Dona Dayanım Testi (Yeni ürünler için Ar-Ge taleplerine göre)
- (x) Ham Mukavemet - Kuru Mukavemet Ölçümü
- (xi) Denemelerin Takibi (Sır-masse-firit kontrollerinin)

Masse ve sır için uygulanan iki akım şeması sözkonusudur (Şekil 4.1 - 4.2):



Şekil 4.1. Yer Karosu Masse Hazırlama Ünitesi Akım Şeması (S.S.S, 1998)



Şekil 4.2. Sır Hazırlama Akım Şeması (S.S.S, 1998)

Söğüt Seramik A.Ş. yer karolarının mamül spek değerleri aşağıdaki gibidir (Çizelge 4.2):

Çizelge 4.2. Yer Karoları Mamül Spekleri (S.S.S, 1998)

FİZİKSEL ÖZELLİKLER	SPEK DEĞERLER
Su Emme (%)	Ort : ≤ 3
Mukavemet (kg/cm^2)	Minimum : 250
Yüzey Sertliği (Mohs)	Minimum : 5
Lineer Termal Genleşme 100C (k-1)	Maksimum : 9.10 (-6) K (-1)
Isı Şokuna Dayanım	175 °C' de çatlama olmamalı
Buhar Basıncına Dayanım	5 Bar'da çatlama olmamalı
Aşınma Mukavemeti	Min. 2. Sınıf
KİMYASAL ÖZELLİKLER	
Lekelenmeye Dayanım	Min : 2. Sınıf
Ev Kimyasallarına Dayanım	Min : B Sınıfı
Asit Ve Alkalilere Dayanım	Min : C Sınıfı

4.3. Seramikte Flor Emisyonunun Kontrolü

İstatistiksel proses kontrol yöntemleri elde edilen maddi kazanımlara ek olarak fabrika çalışanlarının, çevrede yaşayan insanların ve diğer canlı varlıkların yaşamlarına da katkı yapabilir. Seramik üretiminde çok önemli yer tutan '*flor emisyonu*' nun azaltılabilmesinin olanakları konusunda bir yaklaşım aşağıda yer almaktadır.

İstatistiksel proses kontrolün ileri tekniklerle uygulandığı bazı gelişmiş ülkelerde sonuç üretim kalitesinin bilgisayarla kontrolü yapılmaktadır (Hostetter, 1997). Kazanç getirmeyen bir ürün olarak düşünülebilecek '*flor emisyonu*' da yakıt ve hammadde giriş parametrelerinin baca gazlarında gözlemlenmesiyle kontrol altında tutulabilecektir. Henüz prosesin bütünüyle bilgisayar kontrolü altında

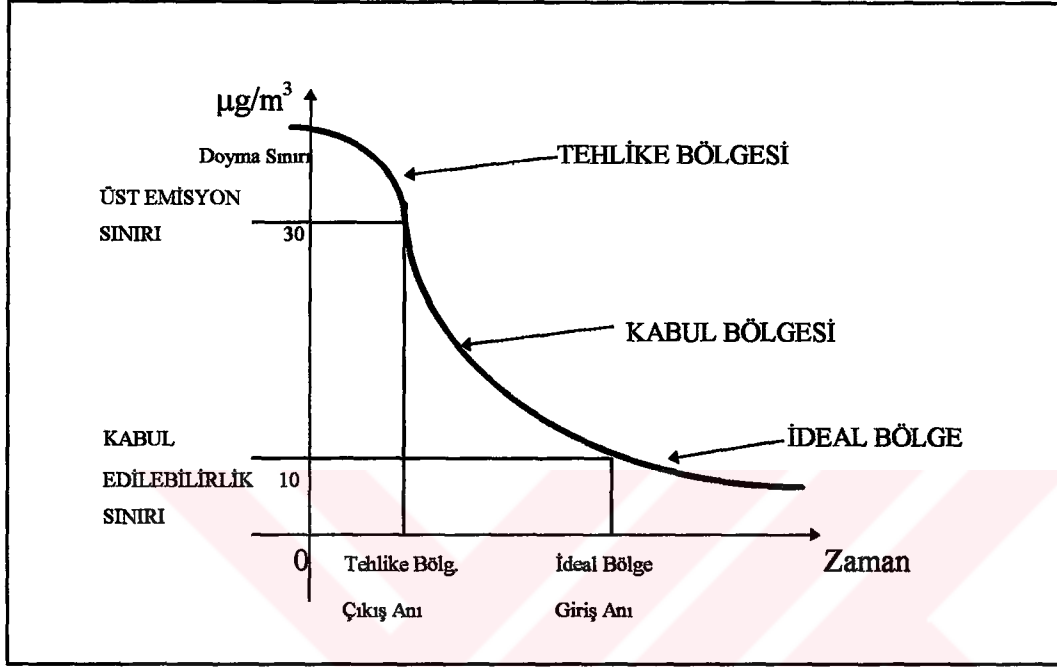
olmadığı işletmelerde bu emisyonun azaltılması çalışmalarına stratejik bir yaklaşım kaçınılmaz görünmektedir.

Flor, reaktif özelliği yüksek bir elementtir. Su ile kolayca reaksiyona girerek hidroflorik asit (HF) oluşturur. Hidroflorik asit insan bünyesi üzerinde hafif ancak direk olarak alındığında zararlı etki gösterir. Fakat bitki örtüsü açısından hidroflorik asit son derece tehlikelidir. Bu nedenle baca gazlarının flor içeriği $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ değerini geçmemelidir. Baca gazı flor içeriğini etkileyen önemli faktörler şunlardır (Tefek, 1990):

- (i) **Hammadde :** İllit, montmorillonit, mika, muskovit ve biotit gibi minerallerin tümü flor içerir. Pirit, flor emisyonunu artırıcı yönde etkili olurken, kalsit ve mermer azaltıcı rol oynar.
- (ii) **Yakıt :** Kullanılan yakıt cinsine göre baca gazlarında oluşan karbondioksitin (CO_2) çeşitli seviyelerde flor ölçümleri farklılık gösterebilir.
- (iii) **Fırın Atmosferi :** Su buharı açısından zengin olan fırın atmosferinde, kalsiyum florür (CaF_2) 800°C ' da ayrışır. Fakat su buharınca yetersiz olan bir atmosferde bu ayrışma 1400°C ' da gerçekleşir. Havanın flor doygunluk derecesi de flor emisyonu üzerinde etkilidir. Baca gazlarının sülfür ve flor içerikleri arasında, flor emisyonunu etkileyen önemli bir ilişki vardır. Bu elementlerin birinde görülen artış, diğer element emisyonunu olumsuz yönde etkiler.
- (iv) **Ürün Şekli :** Ürünün spesifik yüzey alanı ile flor emisyonu artışı doğru orantılı olarak değişir. Spesifik yüzey alanı arttıkça flor emisyonunda da artış görülür.
- (v) **Sinterleşme :** Hammaddenin erken sinterleşmesi sonucu pişirme sırasında kapanan gözenekler nedeni ile flor emisyonu önemli ölçüde önlenir.
- (vi) **Pişirme İşlemi :** Isıtma ve pişirme sürelerinin uzun olduğu durumlarda yüksek seviyede flor emisyonu oluşur.

4.3.1. Flor Emisyon Kontrolü için Bir Yaklaşım

Baca gazı flor emisyonunun kontrol altında tutulabilmesi için düşünülmüş bir yaklaşım aşağıda ifade edilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3. Flor Emisyonu Sınır Değerleri için Bir Yaklaşım

Şekil 4.3' te görüldüğü gibi belirli bir doyma emisyon derecesindeki flor, prosesin istatistiksel kontrolüyle **kabul edilebilirlik sınırı** içine çekilebilecektir. Baca gazlarında gözlenen flor konsantrasyonu kendine özgü bir amaç prosesine sahip değildir. Normal seramik üretim prosesinde zorunlu, ancak tehlikeli bir ürün olarak ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle flor emisyonunu düşürmek için seramiğin temel üretim parametrelerini değiştirmek pratikte gerçekçi olmayacaktır. Burada üzerinde durulabilecek parametreler; yakıt, fırın atmosferi, sinterleşme ve pişirme işlemidir. Kullanılabilecek bazı istatistiksel proses kontrol yaklaşımları aşağıda belirtilmiştir:

- (i) Kullanılacak farklı cinsteki yakıtlara göre baca gazında oluşacak CO_2 ' nin çeşitli seviyelerdeki flor ölçüm ilişkilerinin kontrol kartları yardımıyla belirlenmesi.
- (ii) Değişen fırın sıcaklıklarında, CaF_2 ' nin ayrışma derecesinin korelatif

ilişkisinin modellenerek uygun nem ve fırın sıcaklıklarının belirlenmesi.

- (iii) Baca gazlarında sülfür oranındaki artışın, flor emisyonunda meydana getirdiği değişikliklerin , değişken kontrol kartlarıyla analizlerinin yapılması.
- (iv) Flor emisyonunu artışı ile sinterleşme süresi arasındaki ters ilişkinin, seramik üretimi öncesi temel Cevher Hazırlama proseslerinde yapılacak müdahalelerle güçlendirilmesi.
- (v) Hızlı ve klasik pişirim proseslerinin flor emisyonu açısından karşılaştırılarak pişirme süresinin flor emisyonu üzerindeki etkisinin istatistiksel modellenmesidir.

4.3.2. Flor Emisyon Sınır Değerleri için Bir Uygulama

Klasik pişirim teknolojisinin uygulandığı bir seramik fabrikasında bir gün içerisinde değişik saatlerde yapılan ölçümlerde, flor emisyonunun tehlike sınırını aşacak derecede artış gösterdiği tesbit edilmiştir. Gerek raporlama, gerekse azaltıcı önlemlerin alınabilmesi ve artışın nedenlerinin araştırılabilmesi için emisyon güven sınırlarına ihtiyaç duyulmuştur.

Çizelge 4.3' te kaydedilen ölçüm değerlerine göre baca gazı flor içeriği ortalaması için %95' lik güven aralığı araştırılmış olup bulunan güven sınır değerleri emisyon kontrolü için prosese bilinçli müdahaleyi sağlamış ve azaltıcı önlem alınabilmesi için temel oluşturmuştur:

Çizelge 4.3. Flor Emisyon Ölçüm Değerleri ($\mu\text{g} / \text{m}^3$)

ÖLÇÜM SAATİ	8. ⁰⁰	10. ⁰⁰	12. ⁰⁰	14. ⁰⁰	16. ⁰⁰	18. ⁰⁰
ÖLÇÜM DEĞERLERİ	52,7	41,7	43,9	71,5	47,6	55,1
	62,3	33,4	56,5	61,8	54,3	50
	45,3	53,9	63,4	65,5	66,6	70
	52,4	46,1	38,6	44,4	60,7	56,4
	n = 24 Baca gazı flor içeriği kayıt sayısı					

Hesaplamalar : Öncelikle normal dağılıma uygunluk araştırılarak ortalama ($\bar{x}$) ve standart sapma (S) değerleri tahmin edilmiştir. Buradaki araştırmanın amacı öncelikle ortalamanın tahmin edilmesine yöneliktir. Çizelge 4.3 değerlerinden;

$$\left. \begin{array}{l} \Sigma x = 1294 \\ \Sigma x^2 = 7210 \end{array} \right\} \text{ ve } \bar{x} = 53,92 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ bulunmuştur.}$$

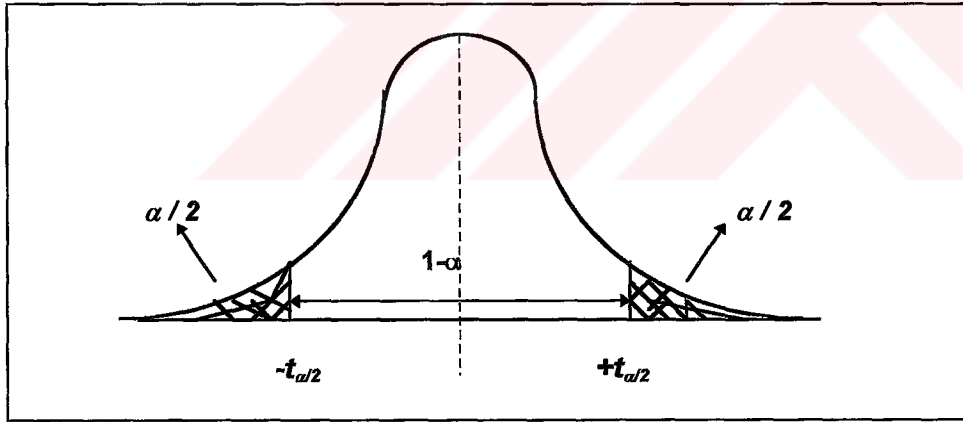
$$S^2 = 1 / (n-1) * \{ \Sigma x^2 - n (\bar{x})^2 \} \quad \text{formülünden standart sapma değeri,}$$

$$S^2 = 1 / (24-1) * \{ 7210,2 - 24 * (53,92)^2 \}$$

$$S = 10,07 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{ elde edilmiştir.}$$

Hesaplamaları, *student-t* dağılımına (Ek-1) uygun şekilde μ için $(1-\alpha)$ serbestlik derecesi için sürdürülmüştür:

$$53,92 \pm t_{\alpha/2} * (10,07) / (\sqrt{24}) \text{ güven aralığıdır. Normal dağılım eğrisinde:}$$



Şekil 4.4. Student-t Dağılımında Güven Aralıkları (Milton ve Arnold, 1995)

$$(1-\alpha) = 0,95 \text{ amaçlandığından, } \alpha = 0,05 \text{ ve } \alpha/2 = 0,025 \text{ olur.}$$

$$P(t_{23} < t_{\alpha/2}) = 0,975 \text{ Student-t tablosundan; } t_{\alpha/2} = 2,069 \text{ bulunmuştur.}$$

$\nu = n-1$ Bu değer güven aralık denklemine eklenmiş ve sonuç elde edilmiştir.

% 95 güvenle, ölçülen flor emisyon değerleri $\{49,67 \mu\text{g}/\text{m}^3, 58,17 \mu\text{g}/\text{m}^3\}$ arasındadır”.

5. BİLGİSAYAR UYGULAMALARI

Bilgisayar analizleri **MINITAB Release 9.2.** İstatistik Programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Seramik üretim proseslerinin analizini yapmak için, kullanımı kolay ve uygulamayı anlaşırlı kılması amaçlanan sözkonusu programa Söğüt Seramik A.Ş' den elde edilen **gerçek verilerin** yanısıra seramik proseslerini temsil edebilecek bazı **üretilmiş veri** girişleri de yapılmıştır.

5.1. Değirmen Çıkışı Malzemenin Su Miktarı İçeriği için Pareto Analizi

Masse Değirmen olarak tanımlanan, hammadde stok sahasından beslenen masse (bünye) hammaddesinin öğütüldüğü değirmenler seramik üretim proseslerinin önemli bir aşamasını oluşturmaktadır (S.S.S, 1998).

Gerekli beslemesi yapılmış değirmen 11 saat süreyle dönmeye tabi tutulmuş ve çıkan malzemenin elek üstü, yoğunluk, su miktarı ve viskozite ölçümleri yapılmıştır. Çıkan malzemenin su miktarı içeriğinin tesbitine ilişkin yapılan uygulamanın aşamaları Ek - 2' de verilmiş olup, 30 günlük ölçüm değerleri Çizelge 5.1' de belirtilmiştir:

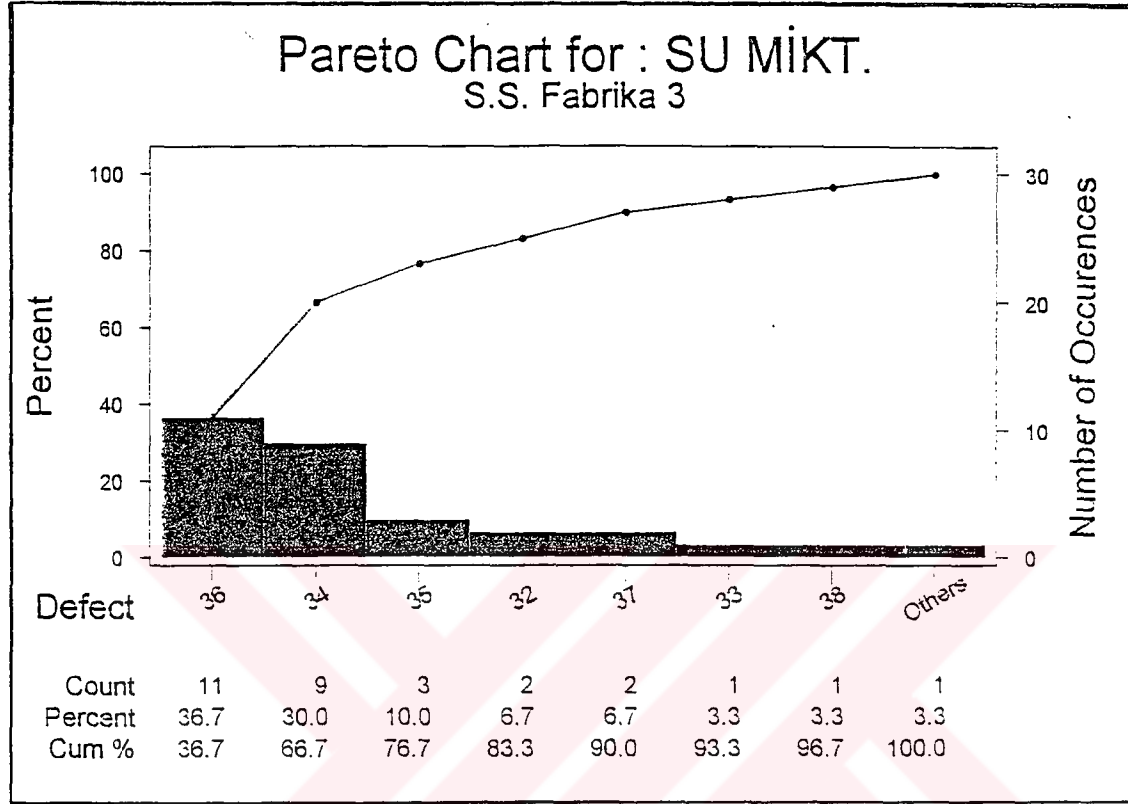
YER : 3. Fabrika - 8 Nolu Değirmen

DÖNME SÜRESİ : 11 Saat

SPEK DEĞERLERİ : 34 - 37 (%)

Çizelge 5.1. Pareto Analizi İçin Veri Dosyası

GÜNLER	SU MİKT.	GÜNLER	SU MİKT.	GÜNLER	SU MİKT.
1	34	11	36	21	36
2	36	12	36	22	33
3	36	13	34	23	36
4	35	14	35	24	38
5	34	15	36	25	36
6	34	16	34	26	37
7	32	17	34	27	36
8	37	18	35	28	34
9	36	19	32	29	30
10	34	20	34	30	36



Şekil 5.1. Su İçeriği için Pareto Kartı

Şekil 5.1' de kusurlu analizi için kullanılan bir pareto diyagramından, masse değirmen çıkışı su içeriğinin 1 ay içerisindeki değişimini tesbit etmek için yararlanılmıştır. Histogramlardan görüldüğü gibi özellikle 34 ve 36 değerlerinde bir yığılma söz konusudur. Kümülatif olarak malzemenin % 83,4' lük kısmı spek değerleri olan 34 - 37 arasında yer almıştır. Verilerin alındığı bir aylık dönemde önemli oranda (% 16,6) spek sınırlarından sapma da söz konusudur. Ancak bu spek dışı değerlerin genellikle spek değerlerine yakın değerlerde yer alması, prosesin değirmen çıkışı su içeriğinden kaynaklanan bir problemle karşılaşmamasını sağlamıştır.

5.2. Değişken Kontrol Kartlarının Kullanımı

Seramik fabrikalarında ham karo mukavemet testi büyük önem taşımaktadır. Değişik boyutlardaki karolara uygulanan mukavemet testlerinin genel işlem süreci Ek - 3' te belirtilmiştir (S.S.S, 1998).

Söğüt Seramik A.Ş' de hergün 5 defa düzenli olarak ham karo mukavemet test ölçümleri yapılmaktadır. Proses kontrol laboratuvarında 1 ay içerisinde gerçekleştirilen test sonuçlarının günlük ortalama değerleri kaydedilerek Çizelge 5.2 oluşturulmuştur. Sürekli değerler yardımıyla yapılan $\bar{X}$ -R analizi, kısa süre içinde bir aylık genel mukavemet değişimini göstermesi açısından yararlı olmuştur.

YER : 3. Fabrika

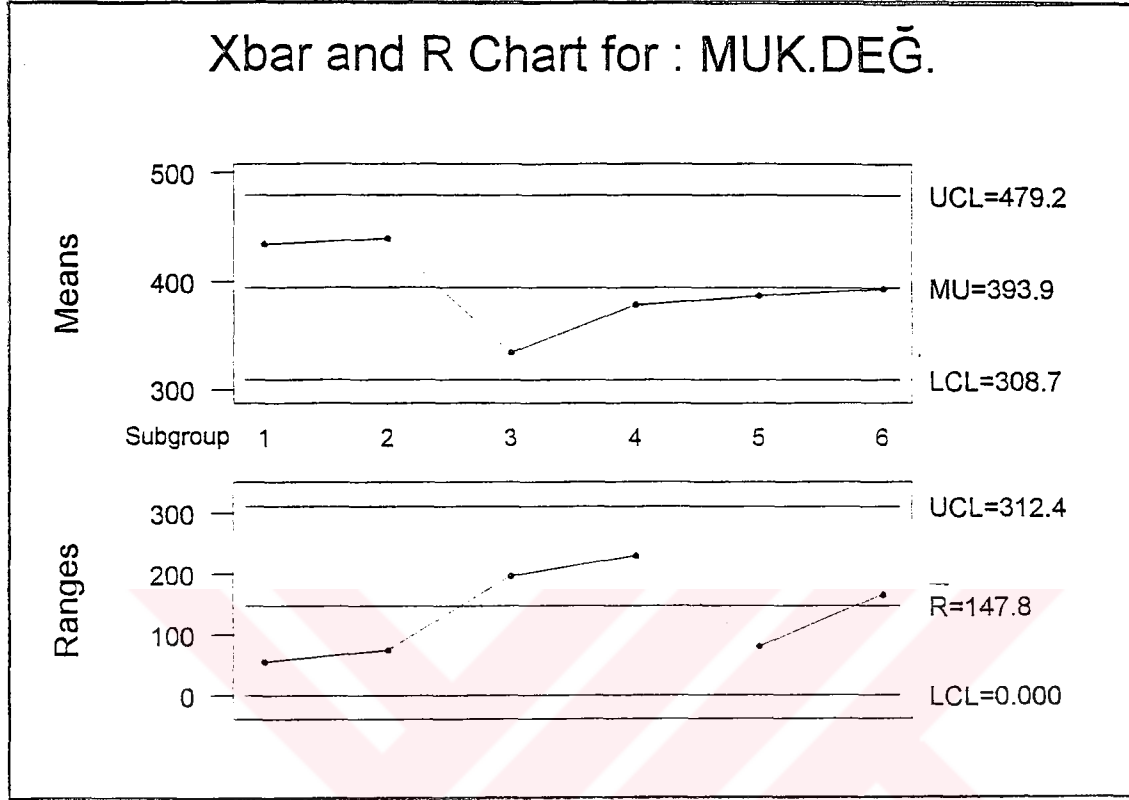
KARO BOYUTLARI : 33 * 33

ÖLÇÜM SAYISI : Günde 5 defa (Aritmetik ortalamaları alınmıştır)

SPEK DEĞER : 400 kg/cm²

Çizelge 5.2. ($\bar{X}$ -R) Şeması için Veri Tablosu

GÜNLER	MUK.ÖLÇ.ORT.	GÜNLER	MUK.ÖLÇ.ORT.
1	448	16	328
2	419	17	432
3	410	18	480
4	428	19	410
5	466	20	345
6	481	21	432
7	406	22	400
8	441	23	352
9	457	24	383
10	410	25	364
11	437	26	310
12	394	27	413
13	310	28	305
14	240	29	465
15	288	30	470



Şekil 5.2. Karo Mukavemetleri için ($\bar{X}$ -R) Şeması

Şekil 5.2' de ortalamalar ve değişim aralıkları için iki şema izlenmiştir. Ortalama değerlerinin değişimini açıklayan ilk şemada bilgisayar programı 30 günlük verileri herbiri 5 mukavemet değerinden oluşan 6 alt gruba ayırmıştır (Burada gruplama yapılmasının nedeni değişimin aşamalı olarak ifade edilebilmesidir). UCL, MU ve LCL değerleri Çizelge 2.3' e göre hesaplanmıştır. Hesaplanmış ortalama mukavemet değerinin spek değerinin altında çıkması proses açısından olumsuz bir durum oluşturmuştur. Alt ve üst kontrol limitlerinin dışına çıkılmaması bir yanılla olumlu görünürken bir yanılla da sürekli (anlık olmayan) bir probleme işaret ettiğinden uzun vadede sakınca oluşturabileceği düşünülmüştür.

Değişim aralığı ise çok geniş bir mesafeye yerleşmiş olup yer yer 200 değerini aşarak istikrarsızlık işaretleri vermiştir.

5.3. (P) Nitelik Şemasının Kullanımı

Nitelik şemalarının içerisinde ‘**kusurlu oranını**’ tesbit eden şema olan (P) şeması, değişen örnek hacimlerindeki kusurlular sayılarak hazırlanabilmektedir (DeVor, 1992).

Seramik fabrikalarında karo üretim aşamaları tamamlandıktan sonra kalite sınıflaması manuel olarak yapılmakta ve bant konveyörün üzerinde çıkışa giden karolar bir personel tarafından üç değişik kalite sınıfına ayrılmaktadır (S.S.S, 1998). 20 gün boyunca, yapılan bu ayırma işlemi gözlemlenerek 3. Kalite sınıfına dahil olan ürünler sayılmış ve kusurlu olarak kaydedilmiştir. Çizelge 5.3’ te düzenlenmiş olan bu 3. Kalite Ürün sayılarının oranlarının değişimi (P) Şeması kullanılarak analiz edilmiştir.

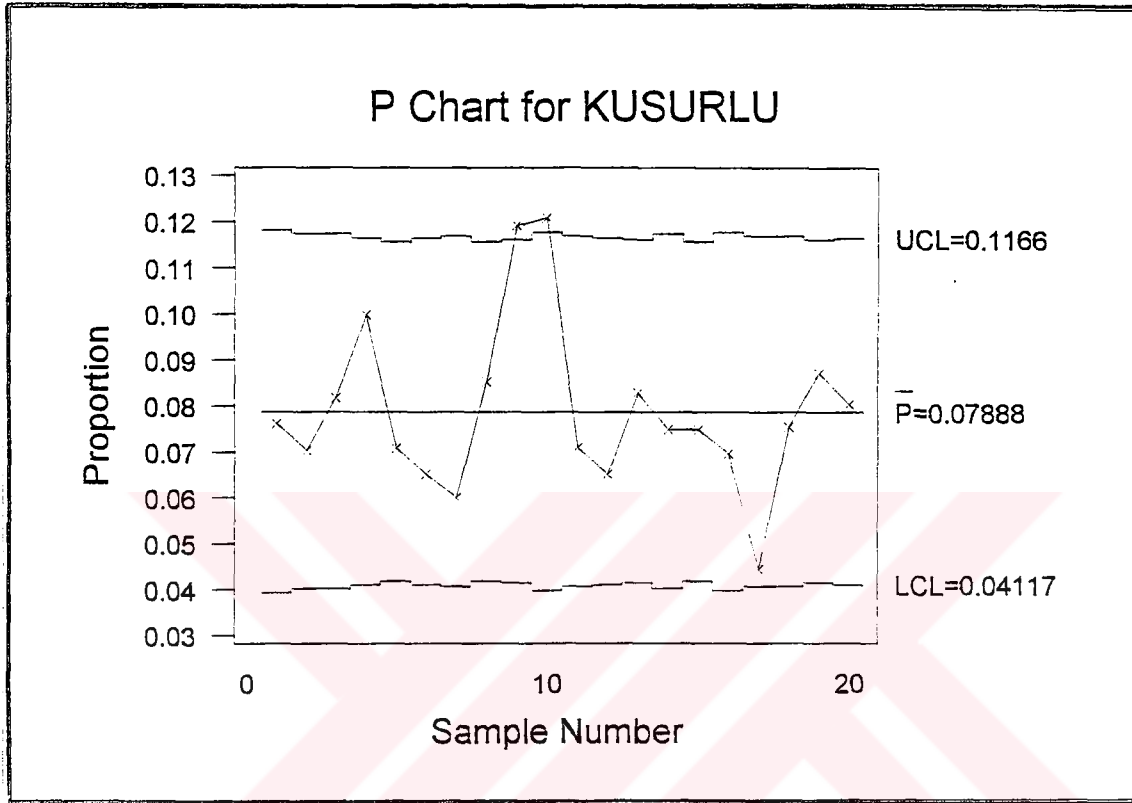
YER : 2. Fabrika

ÖRNEK HACMİ : Günlük 420-480 Adet

VARDİYA : 1. ve 3. Vardiyalar

Çizelge 5.3. (P) Şeması için Veri Tablosu

GÜNLER	ÖRN.HAC.	KUSURLU	GÜNLER	ÖRN. HAC.	KUSURLU
1	420	32	11	450	32
2	440	31	12	460	30
3	440	36	13	470	39
4	460	46	14	440	33
5	480	34	15	480	36
6	460	30	16	430	30
7	450	27	17	450	20
8	480	41	18	450	34
9	470	56	19	470	41
10	430	52	20	460	37



Şekil 5.3. (P) Şeması için Kontrol Çizelgesi

Kusurlu parça oranlarının ölçüm tarihlerine göre değişiminin belirtildiği Şekil 5.3' teki parametre hesaplamaları 21, 22 ve 23 numaralı formüllere göre yapılmış olup, oldukça istikrarsız bir seyir gözlenmiştir. Özellikle 8. ve 11. günler arasında kusurlu parça oranı önemli derecede artış göstermiş ve üst kontrol limitinin dışına çıkmıştır. Bu anormal artışın 3 gün süreyle devam etmiş olması 8. ve 11. günler arasındaki proses üretim parametrelerinin yeniden incelenmesini gerekli kılmıştır. Buna karşın 17. günde tesbit edilen kusurlu parça oranının çok düşük olması o günkü vardiyada manuel ayırmayı yapan personelin değerlendirme hatası olarak kabul edilmiştir.

5.4. (NP) Nitelik Şemasının Kullanımı

Su emme, karonun içerebileceği su miktarının, karo ağırlığına oranı olarak tanımlanır ve yüzde (%) olarak ifade edilir (Tefek, 1997). TS-EN 87, TSE Standardına göre seramik karolarının Su Emme (E) özelliklerine göre sınıflandırılmaları yapılmış ve $E \leq 3$ olan karolar düşük emmeli karolar olarak tanımlanmıştır (TSE, 1995). Söğüt Seramik A.Ş’ de de yer karoları için bu değer **spek değer** olarak kabul edilmiştir.

Söğüt Seramik A.Ş’ nin Söğüt’ te kurulu fabrikasından seçilen 100 adetlik sabit karo hacimlerinde, proses kontrol teknisyenleri tarafından herbir karo numunesi için uygulamalar yapılmış olup $E > \% 3$ olan numuneler kusurlu olarak belirlenmiştir. 30 gün boyunca hergün bir örnek paketi oluşturularak, yapılan çalışmalar sonucu tesbit edilen kusurlular Çizelge 5.4’ te düzenlenmiştir.

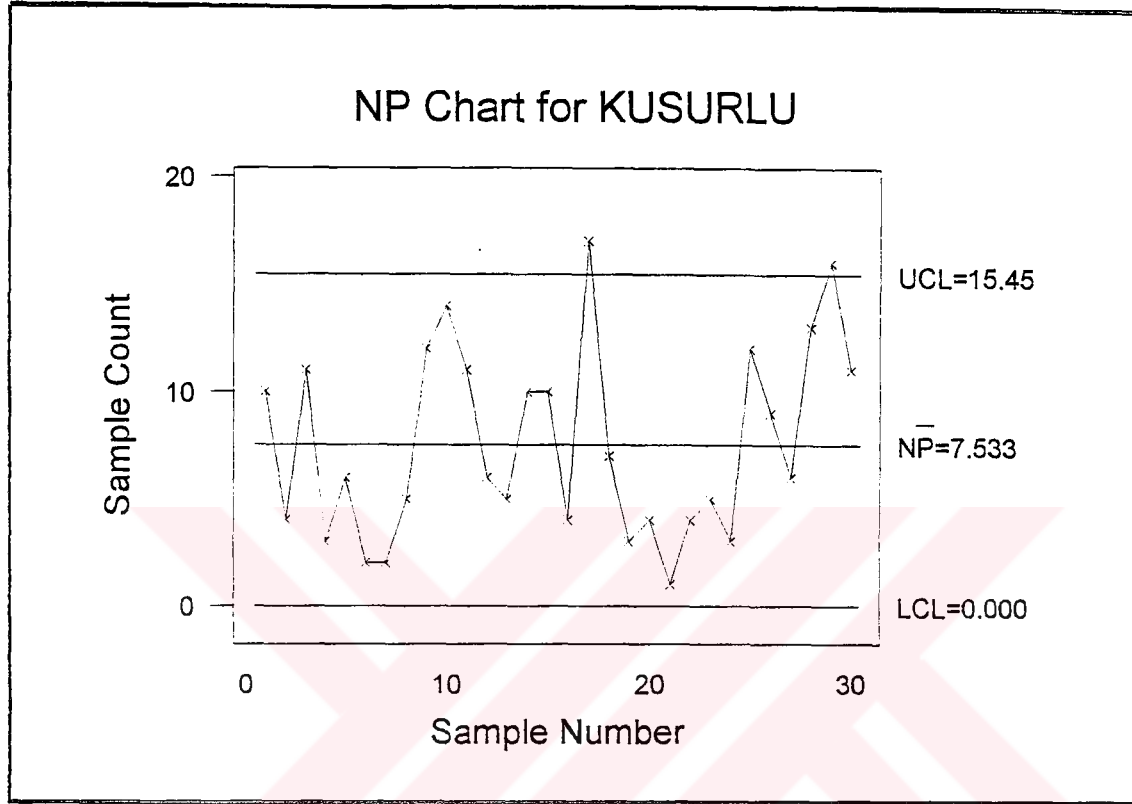
YER : 3. Fabrika

SPEK : $E \leq \% 3$

VARDİYA : Tüm Vardiyalar

Çizelge 5.4. (NP) Şeması için Veri Tablosu

PAKET NO	ÖRN. BÜY.	KUSURLU	PAKET NO	ÖRN. BÜY.	KUSURLU
1	100	10	16	100	4
2	100	4	17	100	17
3	100	11	18	100	7
4	100	3	19	100	3
5	100	6	20	100	4
6	100	2	21	100	1
7	100	2	22	100	4
8	100	5	23	100	5
9	100	12	24	100	3
10	100	14	25	100	12
11	100	11	26	100	9
12	100	6	27	100	6
13	100	5	28	100	13
14	100	10	29	100	16
15	100	10	30	100	11



Şekil 5.4. (NP) Şeması için Kontrol Çizelgesi

Su emme ölçüm değerleri $E > 3$ olan kusurlu ürün sayılarının günlere göre değişimi Şekil 5.4' te ifade edilmiş olup parametre hesaplamaları bilgisayar tarafından 24, 25 ve 26 numaralı formüllere göre gerçekleştirilmiştir. 30 gün boyunca hazırlanan paketlerdeki kusurlu miktarlarının değişimi istikrarsız bir süreç izlemiştir. 17. ve 29. günlerde üst kontrol limitinin dışına çıkan değer; 6, 7 ve 21. günlerde ise 0' a çok yaklaşmıştır. Bu süreksizlik durumunu ortaya çıkarabilecek ilk parametreler etüv ısı ve hesaplama hatası olarak düşünülmüştür. Hammadde kaynaklı değişim de hesaba katılması gereken önemli bir diğer parametre olarak tesbit edilmiştir.

5.5. (C) Nitelik Kartlarının Kullanımı

Aynı grup kusur sayılarının analizlerinin (C) nitelik kartları yardımıyla yapılması, bir ürün üzerindeki çeşitli farklılaşmaların izlenmesini olanaklı kılmaktadır (Kolarik, 1996).

Seramik üretim prosesinde boyamadan kaynaklı kusurlar, kusurlu sayısının artışına bağlı olarak araştırılmıştır. Değişik hata (kusur) tipleri belirlenmiş olup, gözlemler manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Kusurlu olmayan karoların yanısıra kusurlu kabul edilen karoların üzerindeki kusur sayıları toplanarak Çizelge 5.5' te düzenlenmiştir:

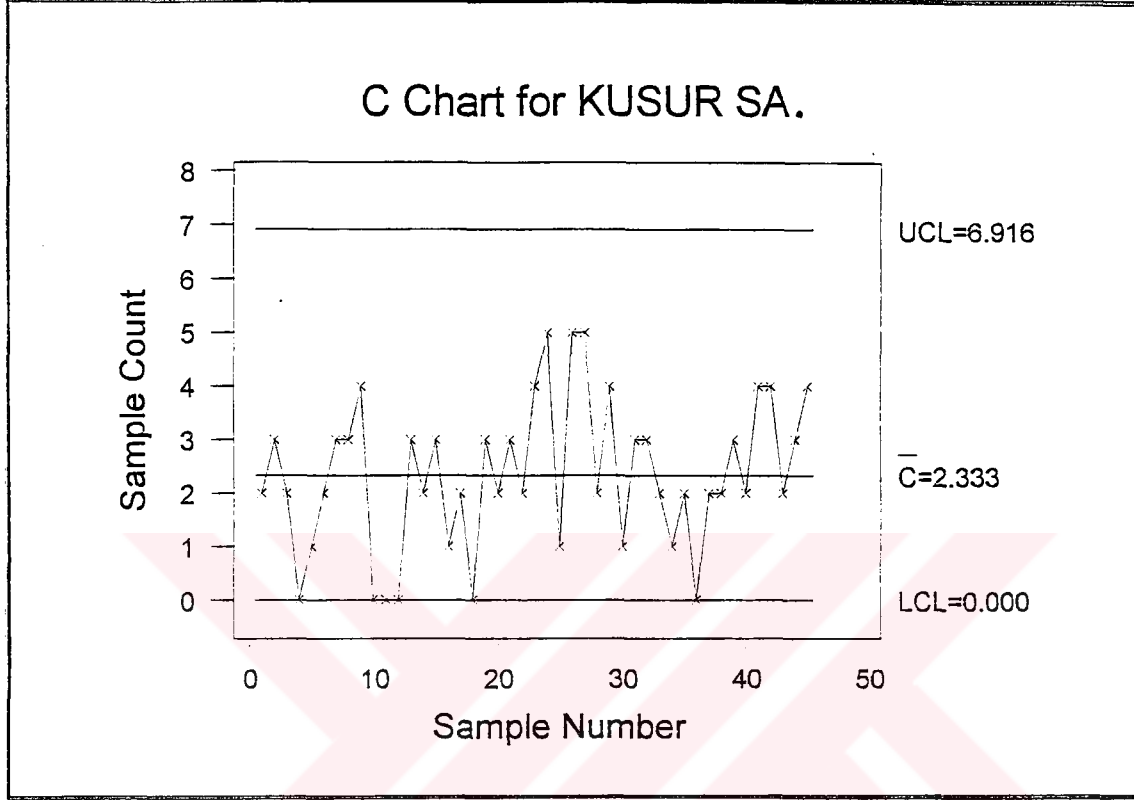
YER : 3. Fabrika

*KUSUR TİPLERİ : Açık Renk, Koyu Renk, Kısmi Boyama, Yanlış Desen,
Kısmi (Eksik) Desen.*

VARDİYA : 2. Vardiya

Çizelge 5.5. (C) Şeması için Veri Tablosu

KARO NO	KUSUR SA.	KARO NO	KUSUR SA.	KARO NO	KUSUR SA.
1	2	16	1	31	3
2	3	17	2	32	3
3	2	18	0	33	2
4	0	19	3	34	1
5	1	20	2	35	2
6	2	21	3	36	0
7	3	22	2	37	2
8	3	23	4	38	2
9	4	24	5	39	3
10	0	25	1	40	2
11	0	26	5	41	4
12	0	27	5	42	4
13	3	28	2	43	2
14	2	29	4	44	3
15	3	30	1	45	1



Şekil 5.5. (C) Şeması için Kontrol Çizelgesi

Şekil 5.5' te kusur sayılarının karo numaralarına göre değişimi belirtilmiştir. Şema, 30 ve 31 numaralı formüller kullanılarak oluşturulmuştur. Genellikle istikrarlı bir değişim gözlenmiş olup ortalama 2 adet kusur tesbit edilmiştir. Çok fazla kusurun tesbit edildiği 23. ve 29. örnekler arasında prosesin belirgin bir şekilde kontrol dışına çıkması sözkonusudur. 25 nolu karoda bu değer çok düşük gerçekleşmesi manuel değerlendirme hatası olarak kabul edilmiştir. Pek çok karoda kusur gözlenmemesine karşın söz konusu vardiyada boyamadan kaynaklı kusurluların anormal derecede fazla olması, gelecekte **prosesin riskle karşılaşabileceğinin** ön işaretleri olarak değerlendirilmiştir.

5.6. (U) Nitelik Kartlarının Kullanımı

Değişik malzeme boyutlarında ‘birim başına kusurlu sayısı’ analizlerinin yapılmasında (U) nitelik kartları önemli kolaylıklar sağlar (DeVor, 1992).

Ham karo mukavemet test sonuçlarının değerlendirilebilmesi için analiz yapılması düşünülmüştür. 30 gün boyunca yapılan testler sonucunda işletme tarafından belirlenmiş olan spek değerinin altında kalan ($X < 400 \text{ kg/cm}^2$) karolar kusurlu olarak ayrılmıştır. Sonuçlar Çizelge 5.6’ da düzenlenerek bilgisayara veri olarak girilmiştir:

ALINMA YERİ : 3. Fabrika

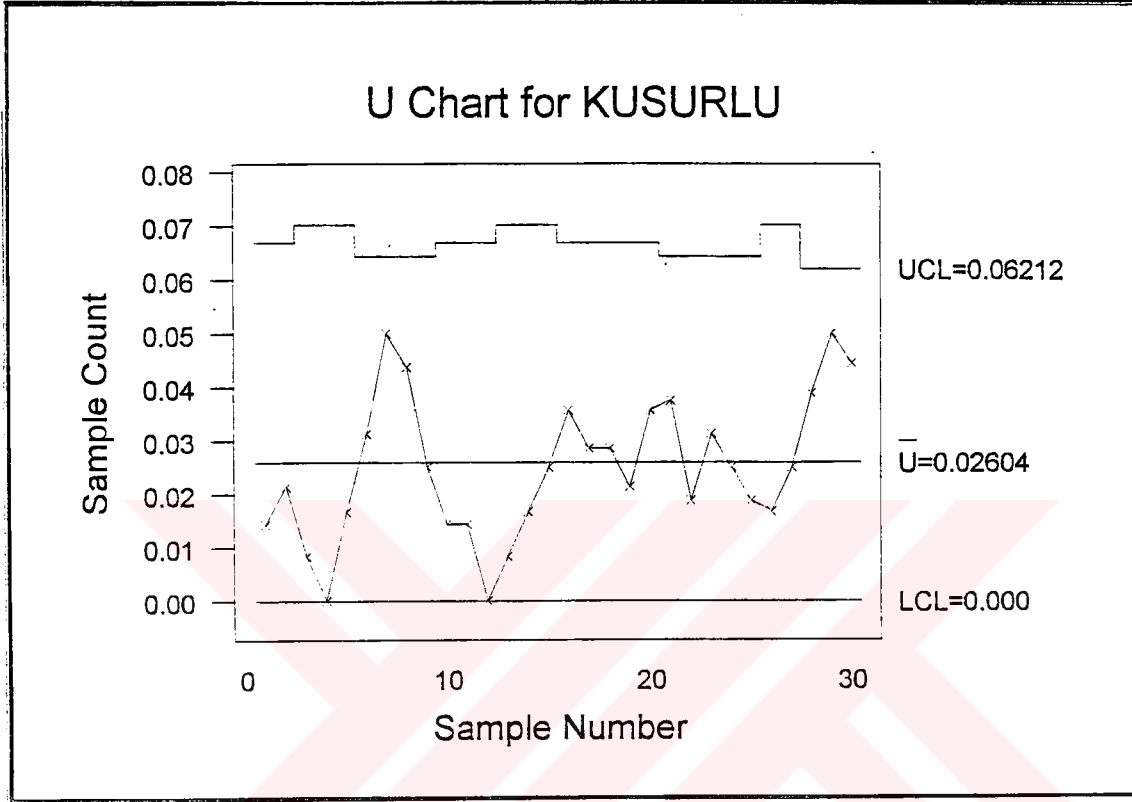
ÖLÇÜM YERİ : Proses Kontrol Laboratuvarı

SPEK : $X > 400 \text{ kg/cm}^2$

VARDİYA : Tüm Vardiyalar

Çizelge 5.6. (U) Şeması için Veri Tablosu

GÜNLER	MALZ.HACM.	KUSURLU	GÜNLER	MALZ.HACM.	KUSURLU
1	140	2	16	140	5
2	140	3	17	140	4
3	120	1	18	140	4
4	120	0	19	140	3
5	120	2	20	140	5
6	160	5	21	160	6
7	160	8	22	160	3
8	160	7	23	160	5
9	160	4	24	160	4
10	140	2	25	160	3
11	140	2	26	120	2
12	140	0	27	120	3
13	120	1	28	180	7
14	120	2	29	180	9
15	120	3	30	180	8



Şekil 5.6. (U) Şeması için Kontrol Çizelgesi

Şekil 5.6' daki parametre hesaplamaları bilgisayar tarafından 28 ve 29 numaralı formüller kullanılarak, yapılmış olup ham karo mukavemet test sonuçlarının olumlu bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Malzeme hacimleri içinde kusurlu sayısının az olmasına bağlı olarak üst ve alt kontrol limitleri düşük gerçekleşmiştir. Alt kontrol limitinin 0 olması ve bu değere çeşitli paketlerde ulaşılabilmesi çok olumlu bir sonuç olarak değerlendirilmiştir. 7. ve 8. günler ile 28. ve 29. günlerde karşılaşılan küçük yükselmeler prosesin genel seyrini değiştirememiş ve tekrar istikrarlı duruma geçilmiştir.

5.7. Proses Yeterlilik Analizi

Kontrol altındaki seramik prosesinde, ideal proses merkezlemesiyle normal dağılım eğrisi sınırları, işletmenin spesifikasyon limitleri ile çakışır (Montgomery, 1986). İdeal olmayan ve üst spesifikasyon limitiyle belirli bir proses yeterlilik analizi uygulama olarak aşağıda gerçekleştirilmiştir.

Söğüt Seramik A.Ş' de üretim aşamaları tamamlandıktan sonra karolar ebatlarına göre paketlenmekte ve satış noktalarına gönderilmektedir (S.S.S, 1998). Kalite kontrol süreci sadece üretimle sınırlı olmayıp, ürünün kullanıma sunulma sürecini ve kullanıcı değerlendirmelerini de içermektedir (Kolarik, 1996).

Söğüt Seramik A.Ş. Fabrika Müdürlüğü' ne bağlı Kalite Güvence Müdürlüğü' ne ulaşan müşteri şikayetlerinde son dönemde önemli oranda artış görülmüştür. Bu şikayetlerin işletme açısından risk oluşturup oluşturmadığının araştırılabilmesi amacıyla hergün gönderilen paket hacimlerine karşılık iletilen kusurlu paket sayıları kaydedilmiş ve Çizelge 5.7' de bu değerler düzenlenmiştir. Uygulama değerleri gerçek değerler olmayıp değerlendirme amacıyla üretilmişlerdir.

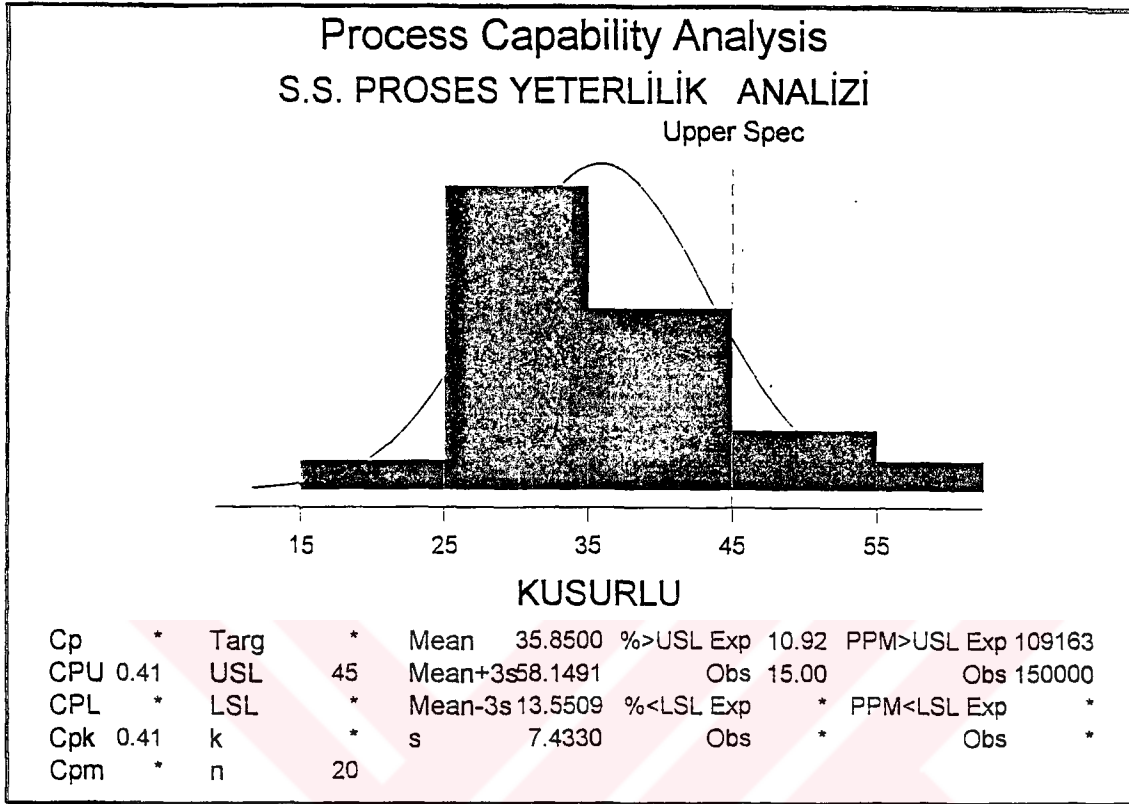
VERİ ALINMA YERİ : Kalite Kontrol Müdürlüğü (Üretilmiş Veriler)

ÖRNEK HACİMLERİ : 420 - 480 Paket

SPEKLER : Maksimum: 45 , Minimum: Belirlenmemiştir.

Çizelge 5.7. Proses Yeterlilik Analiz Tablosu

GÜNLER	ÖRN. HACMİ	KUSURLU	GÜNLER	ÖRN. HACMİ	KUSURLU
1	420	32	11	450	32
2	440	31	12	460	30
3	440	36	13	470	39
4	460	46	14	440	33
5	480	34	15	480	36
6	460	30	16	430	30
7	450	27	17	450	20
8	480	41	18	450	34
9	470	56	19	470	41
10	430	52	20	460	37



Şekil 5.7. Proses Yeterlilik Analiz Şeması

Gerçek olmayan (üretilmiş) veriler aracılığıyla belirlenmiş kusurlu miktarlarının normal dağılım eğrisindeki dağılımları Şekil 5.7' de ifade edilmiştir. Bu örnek için alt spesifikasyon limiti belirlenmemiş olup bu değer 0 olması istenmiştir. Üst spesifikasyon limitinin, normal dağılım eğrisinin üst sınırıyla çakışmamış olması dağılımın ideal olmadığını göstermiştir. Eğride ortalama değer 35,85 olarak gerçekleşmiş olup bu değer etrafında bir yığılmanın olması olumlu kabul edilmiştir. Kusurlu sayıları 25-30 arasında değişen paketler ortalama değerden daha düşük gerçekleşmiş olmasına rağmen bu değerlerin önemli bir miktarının normal dağılım eğrisinin dışında yer alması proses yeteneğini önemli ölçüde azaltmıştır. Matematiksel olarak **Cpk değerinin 0' dan küçük gerçekleşmesi yetersiz prosesi tanımlamıştır.**

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Madencilik yöntemlerinin gerek işletme gerekse Cevher Hazırlama bazında çokça kullanıldığı sektörlerden biri olan seramik sektörü, Türkiye' nin Avrupa Topluluğu' na girme sürecinde önemi artan birkaç sektörden biri olmuştur. Uluslararası rekabetin egemen olduğu dünya ekonomik yapılanmasında '**kalite**' birincil öneme sahip parametre haline gelmiştir. Bugün pekçok sektörde *işçilerin daha fazla çalıştırılmasıyla* kalitenin artacağına dair yanlış bir yaklaşım söz konusudur. İşçilerin daha fazla çalıştırılmasıyla ek sermaye birikiminin ortaya çıkacağı doğrudur (artı değer). Ancak bu daha kaliteli ürün meydana getirmeyecektir. Özellikle hammadde, yöntem, makine ve çevre faktörlerinin dikkate alındığı istatistiksel proses kontrol teknikleri kalite sorununu önemli ölçüde çözebilecektir.

Seramik sektöründe tekniğin kullanımının araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- (i) Söğüt Seramik A.Ş' nin Söğüt' te kurulu fabrikasında temel istatistiksel proses kontrol teknikleri uygulanabilmiş ve üretim öncesine, prosese ve üretim sonrasına ilişkin çeşitli analizler gerçekleştirilmiştir.
- (ii) Seramik proseslerinde kontrol noktalarının doğru belirlenmesi ve bu noktaların mümkün olduğunca sık seçilmesi analizlerin başarısını artırmıştır.
- (iii) Kontrol şemalarında alt ve üst kontrol sınırlarının dışına taşan elemanların yakın takibe alınarak geriye doğru araştırma yapılması, nedenleri bulmayı sağlamıştır. Örneğin; zamanı kaydedilmiş, boyama kusuru olan bir karonun hangi nedenlerle böyle şekillendiği, boyama işleminin öncesinde yeni bir kontrol noktası oluşturularak anlaşılabilmiştir. Bu hatalı üretimin karakterini de seri örnekleme yaparak tesbit etmek mümkün olmuştur.
- (iv) Prosesin yeterlilik değerlendirmesi, üretim sonrasındaki müşteri şikayetleri dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Seramik fabrikasının amaçladığı ve 0'a yaklaşması istenmiş olan bir alt spesifikasyon sınırı ile işletmenin genel üretim politikasına ve maliyetlere bağlı olarak oluşturulmuş olan **bir kusurlu tahammül üst sınırı** işleme konularak elde edilen kusurluların normal dağılıma göre değişkenlikleri incelenmiştir. Dağılımın genellikle **ortalama**

değer etrafında ve $\pm 3\sigma$ arasında gerçekleşmiş olmasına rağmen önemli oranda normal dağılım eğrisinin dışında da değerler almış olası, işletme açısından risk olarak değerlendirilmiştir. **Cpk** indisinin çok düşük olarak gerçekleşmesi de buna kanıt oluşturmıştır.

- (v) Kontrol şemaları kullanılarak gerçekleştirilen analizlerde, proses içinde manuel müdahalelerin yapıldığı (kalite sınıflaması gibi) aşamalarda personel hataları noktasal olarak tesbit edilebilmiştir. Ancak bu hataların prosesin genel seyrini değiştirecek derecede etkili olamadığı görülmüştür.
- (vi) İstatistiksel Proses Kontrol, parasal kazançların dışında insan ve çevre sağlığı için de kullanılabilecek bir teknik olarak düşünülmüştür. Bugün pek çok endüstriyel kuruluşun (özellikle gübre ve kimyasal madde üreten) çeşitli atıklarıyla çevreyi kirletmekte olduğu ve bunu '**proseslerinin kaçınılmaz sonucu**' olarak göstermekte oldukları düşünüldüğünde, yeni yaklaşımların orta konulması gereği ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada '**flor emisyonu**' üzerinde durularak, seramik fabrikalarının aşırı derecede kirliliğe yol açtığına ispatlanması amaçlanmamıştır. **İstenmeyen bir proses çıktısı** (output) yoğunluğunun prosesin istatistiksel kontrolüyle azaltılabileceğinin yeni bir yaklaşımla ortaya konulması temel amaç olarak tesbit edilmiştir. Flor emisyonunun değişimini tesbit edebilecek (genel olmayan) bir eğri düşünülerek bu eğride emisyonun zamana göre olası değişimi bölgesel olarak ve çeşitli sınır değerleriyle gösterilmiştir.
- (vii) Bugün fazla maliyetli olduğu gerekçesiyle uygulanmayan '**proses sürecinin bilgisayarla izlenmesi faaliyeti**' seramik işletmelerinin büyümelerinin belirli bir aşamasında da kaçınılmaz olarak ortaya çıkacaktır (Cam Sanayii gibi).
- (viii) Seramik fabrikalarında İstatistiksel Proses Kontrole yönelik basit eğitimlerin verilmesi, manuel izleme sürecinde dahi proses içindeki aksaklıkların erken tesbitini sağlayabilecektir. Örneğin, proses kontrol laboratuvarında çalışan bir teknisyen yada laborant süreklilik arzeden anormallikler gördükleri zaman, kendi değerlendirmelerini yapma yeteneğine sahip olabileceklerdir.

KAYNAKLAR

AKDENİZ, F., 1996. İstatistiksel Analiz, Yüksek Lisans Ders Notları, Ç.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

AKIN, B., 1996. İstatistik Proses Kontrol Teknikleri, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul, 150 s.

BAYAT, O., 1993. Cevher Hazırlama, Ders Notları, Ç.Ü., Müh. MİM. Fak. Maden Müh. Bölümü, Adana, 143 s.

BOSSERT, J., 1991. Ouality Function Deployment, A Practioner's Approach, ASQC Quality Press, pp.47-49.

CHASE, R. B., 1992. Production and Operations Management: A Life Cycle Approach, Sixth Edition, pp.198-245

CORNELİUS, S., HURLBUT, Jr., 1982. Mineroloji, (Çev: İNAN, K., ve TANYOLU, E.), Doyuran Matbaası, İstanbul, 315 s.

DeVor, R. E., 1992. Statistical Quality Design and Control, Mcmillan, New York, 813 p.

DOĞAN, Ş., 1984. Seramik Teknolojisi, Birsen Kitabevi, İstanbul, 143 s.

DÜREN, Z., 1990. İşletmelerde Kalite Kontrol Çemberleri, Evrim Yayınları, İstanbul, 205 s.

ERÇİL, A., 1998. Otomatik Kalite Denetim Sistemleri, Otomasyon Dergisi, Sayı 70, 60-66.

GÜMÜŞOĞLU, Ş., 1996. İstatistiksel Kalite Kontrol, Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul.

HARUTUNYAN, K., 1992. İstatistik Teorisine Giriş, Y.T.Ü., Bilgisayar Bilimleri Müh. Yayını, 116-127.

HOSTETTER, N., 1997. Controlling Final Product Quality With SPC Software, Ceramic Industry, 12, pp. 80-82.

ISHIKAWA, K., 1991. Introduction to Quality Control, By 3A Corperation, Tokyo, 127 p.

İPEKOĞLU, Ü., 1994. Cevher Hazırlama, D.E.Ü., Müh. Fak. Yay., İzmir, s.1

KARAGÖZ, M., 1995. İstatistik Yöntemleri, İnönü Üniversitesi Basımevi, Malatya, 450 s.

KAVRAKOĞLU, İ., 1994. Kalite Cep Kitabı, Kal Der Yayınları, İstanbul, 80 s.

KOBU, B., 1981. Endüstriyel Kalite Kontrolü, Önsöz Basım, İstanbul, s.1.

KOLARIK, W. J., 1996. Creating Quality, McGraw Hill-International Edition, pp. 289-387.

KUME, H., 1989. Statistical Methods For Quality Improvement, Tokyo, 230 p.

KUŞÇU, M., 1991. Endüstriyel Kayaçlar Ve Mineraller, Akdeniz Üniv. Fen Bil. Enst. Yayını, No:2, 177 s.

MILTON, J. S., ARNOLD, J. C., 1995. Introduction to Probability and Statistics, McGraw Hill-Third Edition, pp. 382-448.

MONTGOMERY, D. C., 1986. Introduction To Statistical Quality Control, Third Edition, 782 p.

ÖZEKİ, K., TETSUICHI, A., 1990. Handbook of Quality Tools, Productivity Press Inc., Cambridge, pp.183-186.

ÖZER. S., 1989. Kalite Kontrol Gelişim ve İstatistiksel Proses Kontrol Teknikleri, Kalite Dergisi, Sayı:4.

SARAÇOĞLU, B., ÇEVİK, F., 1995. Matematiksel İstatistik, Gazi Büro Kitabevi, Ankara, 628 s.

SEZGİNMAN, İ., 1995. Olasılık Teori ve Problemleri, YTÜ Eğitim Yayınları, İstanbul, 245 s.

(SSS), 1998. AR-GE ve Kalite Kontrol Bilgileri, Söğüt.

SÖĞÜT SERAMİK A.Ş., 1998. Faaliyet Raporu.

TATE, R. G., 1989. İstatistiksel Proses Kontrol ve Kalite Geliştirme, Türkiye Şişe Ve Cam Fab. A.Ş. Yay., İstanbul.

TEFEK, M., BİLGEÇ, Ç., 1997. Yer Karoları, Kimya Mühendisliği Dergisi, 27-31.

TEFEK, M., 1990. Duvar Ve Yer Karolarının Hızlı Tek Pişirimi, 4. Uluslararası Seramik Kongresi, İstanbul, 9-17.

TEMUR, S., 1994. Endüstriyel Hammaddeler, Konya, 245 s.

TS 11659, TS-EN 87, TS-EN 98 Nolu Standartlar, 1995. TSE, Ankara.

TSE, 1995. İstatistiksel Proses Kontrol Eğitim Notları, Ankara.

TEYTON, B., 1988. Industrial Minerals, No:2, February.

YENER, M. A., 1995. Otomotiv Sanayii, Türkiye İş Bankası Yayınları, Sayı 7

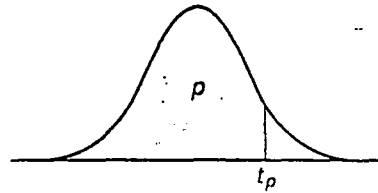


ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Tunceli’ de dünyaya getirildi. İlk ve orta öğrenimini Elazığ’ da tamamladıktan sonra 1991 yılında Ç.Ü. Müh. Mim. Fak. Maden Mühendisliği bölümünde yüksek öğrenimine başladı. 1995 yılında bölüm birincisi olarak mezun oldu. Aynı yıl Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Maden Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine başladı.

Ekim 1995-Ocak1999 tarihleri arasında devam eden yüksek lisans eğitimi boyunca; Mart 1997-Kasım 1997 tarihleri arasında Tekirdağ / Çorlu’ da 255. K.D. olarak askerlik zorunluluğunu yerine getirdi. Mart 1998-Aralık1998 tarihleri arasında ‘Bakü-Supsa, Petrol Boru Hattı ve Pompa İstasyonları Projesinde’ (Western Route Pipeline Project) Batı Gürcistan İş Güvenliği Sorumlusu olarak (HSE Manager for West) çalıştı.

Basic ve Fortran programlama dillerinin yanısıra İngilizce bilmektedir.



TABLO

ν	$t_{.60}$	$t_{.75}$	$t_{.85}$	$t_{.90}$	$t_{.95}$	$t_{.975}$	$t_{.99}$	$t_{.995}$	$t_{.9975}$	$t_{.999}$	$t_{.9995}$
1	0.325	1.000	1.963	3.078	6.314	12.71	31.82	63.66	127.3	318.3	636.6
2	0.289	0.816	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	14.09	22.33	31.60
3	0.277	0.765	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	7.453	10.21	12.92
4	0.271	0.741	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	5.598	7.173	8.610
5	0.267	0.727	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	4.773	5.893	6.869
6	0.265	0.718	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	4.317	5.208	5.959
7	0.263	0.711	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	4.029	4.785	5.408
8	0.262	0.706	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	3.833	4.501	5.041
9	0.261	0.703	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	3.690	4.297	4.781
10	0.260	0.700	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	3.581	4.144	4.587
11	0.260	0.697	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	3.497	4.025	4.437
12	0.259	0.695	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	3.428	3.930	4.318
13	0.259	0.694	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	3.372	3.852	4.221
14	0.258	0.692	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	3.326	3.787	4.140
15	0.258	0.691	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	3.286	3.733	4.073
16	0.258	0.690	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	3.252	3.686	4.015
17	0.257	0.689	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.222	3.646	3.965
18	0.257	0.688	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.197	3.610	3.922
19	0.257	0.688	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.174	3.579	3.883
20	0.257	0.687	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.153	3.552	3.850
21	0.257	0.686	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.135	3.527	3.819
22	0.256	0.686	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.119	3.505	3.792
23	0.256	0.685	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.104	3.485	3.768
24	0.256	0.685	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.091	3.467	3.745
25	0.256	0.684	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.078	3.450	3.725
26	0.256	0.684	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.067	3.435	3.707
27	0.256	0.684	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.057	3.421	3.690
28	0.256	0.683	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.047	3.408	3.674
29	0.256	0.683	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.038	3.396	3.659
30	0.256	0.683	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.030	3.385	3.646
40	0.255	0.681	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	2.971	3.307	3.551
50	0.255	0.679	1.047	1.299	1.676	2.009	2.403	2.678	2.937	3.261	3.496
60	0.254	0.679	1.045	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	2.915	3.232	3.460
70	0.254	0.678	1.044	1.294	1.667	1.994	2.381	2.648	2.899	3.211	3.435
80	0.254	0.678	1.043	1.292	1.664	1.990	2.374	2.639	2.887	3.195	3.416
90	0.254	0.677	1.042	1.291	1.662	1.987	2.368	2.632	2.878	3.183	3.402
100	0.254	0.677	1.042	1.290	1.660	1.984	2.364	2.626	2.871	3.174	3.390
110	0.254	0.677	1.041	1.289	1.659	1.982	2.361	2.621	2.865	3.166	3.381
120	0.254	0.677	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	2.860	3.160	3.373
∞	0.253	0.674	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	2.807	3.090	3.291

SU MİKTARI ÖLÇÜM UYGULAMASI

SORUMLU : Proses Kontrol Teknisyeni

Proses Kontrol Laborantı

- (i) Numune iyice karıştırılır.
- (ii) Kuru madde miktarı için 10 g alınır ve etüve konulur.
- (iii) Kuruduktan sonra etüvden çıkarılır.
- (iv) Kuru madde miktarı aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\% \text{ Su Miktarı} = \frac{\text{Daralı Yaş Tartım} - \text{Daralı Kuru Tartım}}{\text{Kaba Koyulan Madde Miktarı}} * 100$$

Su miktarı 100 ' den çıkarılarak % olarak kuru miktarı hesaplanır.

Ek - 3

MAMÜL MUKAVEMET ÖLÇÜM UYGULAMASI

SORUMLU : Proses Kontrol Teknisyeni

Proses Kontrol Laborantı

- (i) Numuneler talimatlara uygun olarak alınır.
- (ii) Karo numunesi mukavemet cihazı mesnetlerinin üzerine, her iki tarafında eşit uzunluk kalacak şekilde yerleştirilir.
- (iii) Tabla yüksekliği ayarlanır.
- (iv) Kırılma anındaki kuvvet değeri okunur.
- (v) Mukavemet aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\text{Mukavemet (kg/cm}^2\text{)} : \frac{3 * P * L}{2 * b * a^2}$$

Burada;

P : Kırılma anında cihazın gösterdiği kuvvet (kg).

L : Mesnet Açıklığı (cm).

b : Kırılma yönündeki kenar uzunluğu (cm).

a : Kırılan yerden ölçülen kalınlık (cm).

SU EMME (POROZİTE) TESTİ

SORUMLU : Proses Kontrol Teknisyeni

Proses Kontrol Laborantı

- (i) Numuneler talimatlara göre alınır.
- (ii) Numuneler kuru bir bezle silinir ve tartılır (S_1).
- (iii) Karolar su seviyesinin en az 5 cm altında kalacak şekilde porozite kabına su koyulur.
- (iv) Porozite kabı ısıtılmaya başlanır. Kaynamaya başladıktan sonra 2 saat süreyle ısıtma işlemi devam ettirilir.
- (v) Isıtma işlemine son verilir. Porozite kabı soğumaya bırakılır.
- (vi) Oda sıcaklığına kadar soğuduktan sonra karolar suyun içerisinden çıkarılır. Nemli ve pamuklu bir bez ile kurulanır ve tartılır (S_2).
- (vii) *Su Emme Yüzdesi* = $\{(S_2 - S_1) / (S_1)\} * 100$ formülü kullanılarak hesaplanır.
- (viii) Sonuçlar Fabrika Mamül Kontrol Raporu' na işlenir.

$\bar{X}$ -R Şeması için Katsayılar Tablosu

Altgrup Sayısı	X Şeması	R Şeması		
n	A_2	D_3	D_4	d_2
2	1,880	0	3,267	1,128
3	1,023	0	2,575	1,693
4	0,729	0	2,282	2,059
5	0,577	0	2,115	2,326
6	0,493	0	2,004	2,534
7	0,419	0,076	1,924	2,704
8	0,373	0,136	1,864	2,847
9	0,337	0,184	1,816	2,970
10	0,308	0,223	1,777	3,078
15	0,223	0,348	1,652	3,472
20	0,180	0,414	1,586	3,735